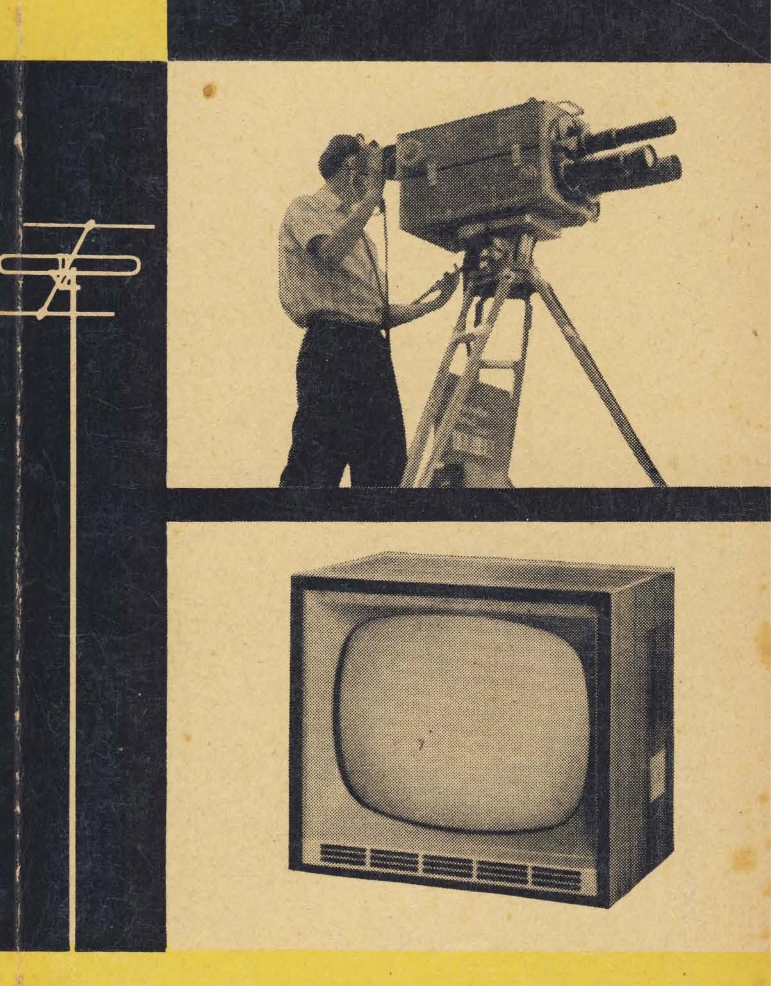
22 DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



W. Schurig

Fernsehtechnik und Fernsehpraxis

Der praktische Funkamateur · Band 22

Fernsehtechnik – Fernsehpraxis

WILLFRIED SCHURIG

FERNSEHTECHNIK — FERNSEHPRAXIS



VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1961

Redaktionsschluß: 8. April 1961
Verantwortlicher Lektor: Wolfgang Kimmel
Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin,
Langenbeckstraße 36—39

Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik
Lizenznummer: 545/14/61, MdI der DDR: 6422
Einbandgestaltung: Paul Schubert, Berlin
Zeichnungen: Hildegard Seidler, Berlin
Gesamtherstellung: 650/4028/61
Verlagsbogen: 6,9 Druckbogen: 7,5 Preis: [illegible] DM

VORWORT

Ständig wächst die Zahl der Fernsehteilnehmer. In der Deutschen Demokratischen Republik besitzen heute über eine Million Menschen Fernsehempfänger. Viele Fernsehfreunde wollen aber nicht nur Fernsehzuschauer sein, sondern zeigen auch für die technischen Probleme reges Interesse.

Der Verfasser setzt mit vorliegender Broschüre seine Arbeiten in der Zeitschrift „funkamateur" fort. Er versucht, den interessierten Fernsehfreund in einfacher Form mit der Fernsehtechnik vertraut zu machen und das Interesse für eigene Arbeit auf diesem Gebiet zu wecken.

Natürlich wird der Leser nicht sofort alles verstehen, und manches Problem kann im Rahmen einer Broschüre nur erwähnt werden oder bleibt unbeantwortet. Doch bietet sich für den Interessenten die Möglichkeit, in den nachrichtensportlichen Ausbildungsgruppen der Gesellschaft für Sport und Technik mitzuarbeiten. Neben einer Vertiefung der theoretischen Kenntnisse ist hier auch die Gelegenheit gegeben, selbst praktische Erfahrungen zu sammeln. Schon heute beschäftigen sich Funkamateure unserer Republik mit dem Amateurfernsehen. Aktive Mitarbeit auf diesem Gebiet des Amateurfunksportes ist jederzeit erwünscht.

Herrn Diplom-Jurist Rüdiger Wiedemann bin ich für die Unterstützung bei der Bearbeitung der antennenrechtlichen Fragen zu Dank verpflichtet.

Ottendorf-Okrilla,
Januar 1961

Willfried Schurig

1. BILDÜBERTRAGUNG

1.1 Bildaufbau in der Fernsehtechnik

Der Gedanke des Fernsehens ist nicht neu. Das beweisen zahlreiche Vorschläge für Verfahren zur Bildübertragung aus den vergangenen 50 Jahren. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Erkenntnis, daß das Bild nicht als Ganzes übertragen werden kann, sondern in einzelne Bildelemente, sogenannte Bildpunkte, zerlegt werden muß (man kann das sehr gut mit Bildern aus Tageszeitungen vergleichen, die ebenfalls aus einer Vielzahl kleinster Bildelemente – dem Raster – zusammengesetzt sind). Das menschliche Auge ist in der Lage, etwa 150 Millionen solcher Bildpunkte zu unterscheiden. Allerdings ergeben schon aus 300 000 bis 400 000 solcher Bildpunkten bestehende Bilder einen befriedigenden Eindruck.
Wollte man alle Bildpunkte eines Bildes auf einmal übertragen, so wären z. B. bei 300 000 Bildpunkten gleichviel Übertragungskanäle notwendig – ein untragbarer Aufwand.
Glücklicherweise lassen sich die Bildpunkte in beliebiger Reihenfolge zeitlich nacheinander übertragen. Dabei ist jedoch unbedingt zu gewährleisten, daß die Reihenfolge bei der Zerlegung des Bildes (Bildgeber) mit der Reihenfolge bei der Zusammensetzung des Bildes (Empfänger) völlig übereinstimmt.
Für die Reihenfolge der Bildpunktübertragung hat sich daher ein einheitliches Schema herausgebildet. Ähnlich der Bewegung des Auges beim Lesen einer Buchseite, setzte man folgende Reihenfolge für die Übertragung fest:

Die Bildübertragung beginnt bei dem Bildelement in der linken oberen Ecke des zu übertragenden Bildes. Nach rechts fortlaufend wird Bildpunkt für Bildpunkt übertragen und am Empfangsort in gleicher Reihenfolge wieder angeordnet. Ist auf diese Weise die erste Zeile übertragen, folgt die darunterliegende

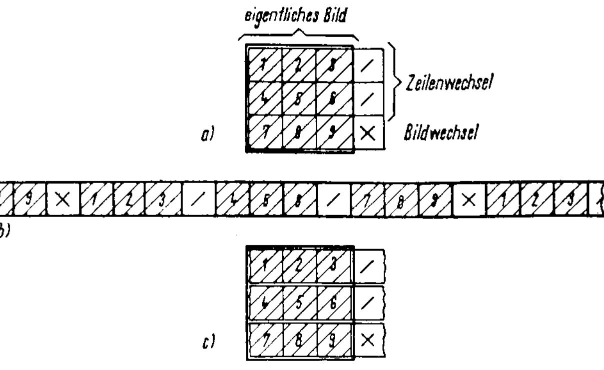
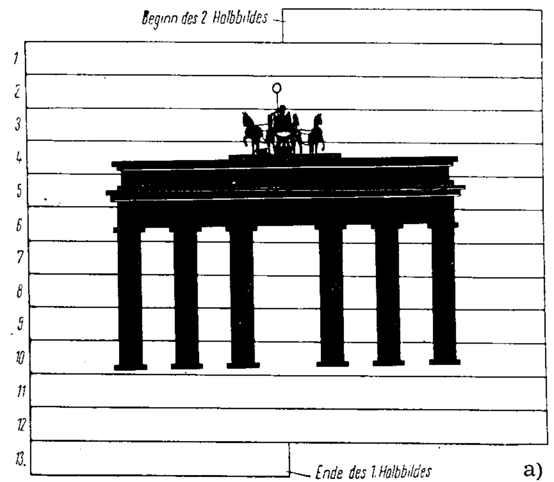


Bild 1. Übertragung des Bildinhaltes. a) zu übertragendes Bild; b) die Übertragung der Bildpunkte und Zeichen für den Bild- und Zeilenwechsel vom Sender zum Empfänger; c) Zusammensetzen des Bildes im Empfänger

usw. Das setzt sich bis zur letzten Zeile fort. Anschließend beginnt die Übertragung erneut mit dem ersten Bildpunkt auf der obersten Zeile.



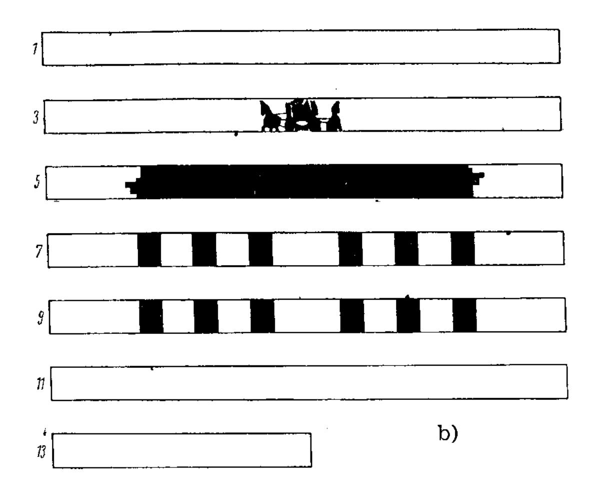
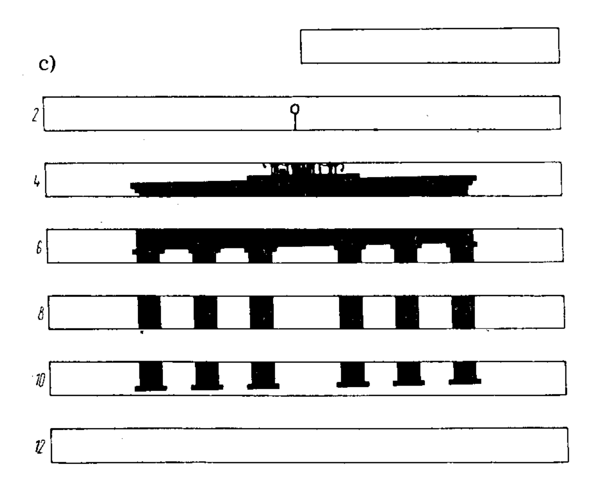


Bild 2. Zeilensprungverfahren. Aufteilen des Gesamtbildes (a) in zwei Halbbilder (b und c)



Die Übertragung des Bildinhaltes läßt sich daher mit einem beliebig langen, aus aneinandergereihten Bildpunkten bestehenden Band vergleichen, das sich vom Bildgeber zum Bildempfänger bewegt (Bild 1). Werden alle zu einem Bild gehörenden Bildpunkte in dieser Weise in weniger als $^1/_{10}$ Sekunde übertragen, so nimmt das menschliche Auge infolge seiner Trägheit den Eindruck eines Gesamtbildes wahr, da der Eindruck z. B. des ersten Bildpunktes der ersten Zeile noch nicht verklungen ist, wenn dieser Bildpunkt nach weniger als $^1/_{10}$ Sekunde erneut übertragen wird.

Einen Nachteil hat jedoch diese Übertragungsweise. Wenn wir auch den Eindruck eines Gesamtbildes wahrnehmen, so tritt doch, bis zu einer Bildwechselzahl von etwa 25 bis 30 Bildern in der Sekunde, ein störendes Flimmern auf. Die internationale Norm, nach der auch der Deutsche Fernsehfunk arbeitet, schreibt das Übertragen von 25 Bildern (mit jeweils 625 Zeilen) pro Sekunde vor. Diese Zahl läßt sich schwer vergrößern, weil bei mehr Bildwechseln in der Sekunde die Zahl der in der Sekunde zu übertragenden Bildpunkte erhöht wird und damit Schwierigkeiten bei der Übertragung entstehen.

Durch die Anwendung eines besonderen Übertragungsverfahrens läßt sich das Flimmern beseitigen. Das Bild wird in zwei Halbbilder (Teilbilder, Teilraster) derart aufgeteilt, daß das eine Halbbild jeweils aus den ungeradzahligen Zeilen, das andere Halbbild jeweils aus den geradzahligen Zeilen besteht (Bild 2). Die so entstandenen Halbbilder werden dann abwechselnd übertragen, wobei für die Übertragung eines Halbbildes $^1/_{50}$ Sekunde erforderlich ist. Man erhält auf diese Weise in der Sekunde 25 Bilder (25 Bildwechsel), bestehend aus 50 Halbbildern (50 Rasterwechsel). Die beschriebene Methode der Übertragung (das Überspringen jeweils einer Zeile) heißt Zwischenzeilen- oder Zeilensprungverfahren.

Die alleinige Übertragung der den Bildinhalt charakterisierenden Bildpunkte führt beim Aneinanderreihen der Bildpunkte im Empfänger zu Schwierigkeiten, weil

die ankommenden Bildpunkte keine Information über den Beginn einer neuen Zeile bzw. eines neuen Halbbildes enthalten.

Neben den Bildpunkten müssen deshalb weitere Signale, sogenannte Gleichlaufzeichen, übertragen werden, die den Bildaufbau im Empfänger steuern.

Die Übertragung des Bildes erfolgt beim Fernsehen mit Hilfe hochfrequenter elektrischer Schwingungen (Trägerwellen, Trägerfrequenzen). Der Bildinhalt muß deshalb in elektrische Signale verwandelt werden (Bildaufnahme), die man den Trägerwellen aufprägt (in Amplitudenmodulation aufmoduliert). Im Empfänger trennt man dann die Signale des Bildinhaltes von dem Träger und verwandelt sie wieder in ein sichtbares Bild (Bildwiedergabe).

1.2 Bildaufnahme

Die Bildaufnahmeröhren arbeiten nach einem Prinzip des äußeren oder inneren Fotoeffektes. Man versteht unter dem äußeren Fotoeffekt die Erscheinung, daß verschiedene Stoffe beim Beleuchten Elektronen abgeben. Eine bekannte Anwendung findet dieser Effekt in der Fotozelle. Der innere Fotoeffekt tritt bei Halbleitern (z. B. Selen) auf. Bei diesen Halbleitern ändert sich der elektrische Widerstand in Abhängigkeit von der Intensität der Beleuchtung. Film- und Diaabtaster (Bild 3) arbeiten dabei nach einer recht einfachen Weise des soeben beschriebenen äußeren Fotoeffektes. Eine Katodenstrahlröhre (1), deren sehr heller Leuchtpunkt nach dem schon beschriebenen Schema über den Leuchtschirm (2) gleitet (Abtastschema nach dem Zeilensprungverfahren), wird vor dem zu übertragenden Filmbild bzw. Diapositiv angeordnet. Der auf dem Leuchtschirm dahingleitende Leuchtpunkt fällt durch ein Objektiv (3) auf das abzutastende Diapositiv (4) bzw. auf den Filmausschnitt. Das auffallende Licht kann an den einzelnen Stellen, je nach der Dichte des jeweils abzutastenden Bildchens, mehr oder weniger

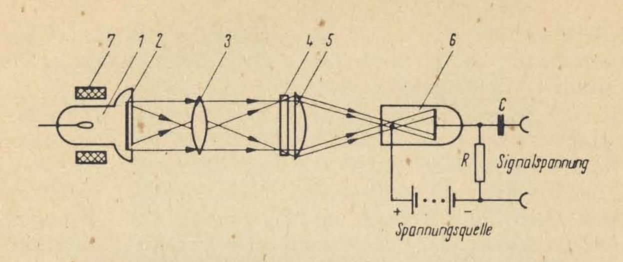


Bild 3. Diaabtaster. a) Schema eines Diaabtasters. 1 Katodenstrahlröhre; 2 Leuchtschirm; 3 Objekt; 4 Diapositiv; 5 Kondensor; 6 Fotozelle; 7 Ablenk- und Fokussiereinheit. b) Kleindiaabtaster KDA 1 (Werkfoto VEB Werk für Fernmeldewesen, Berlin)

hindurchdringen. Das dahinter noch verbleibende Licht wird durch einen Kondensor (5) auf die Katode einer Fotozelle (6) gelenkt und verursacht den bereits oben beschriebenen äußeren Fotoeffekt. Eine weitere Elektrode, mit einem positiverem Potential als die Katode, fängt die austretenden Elektronen auf. Hier muß noch erwähnt werden, daß die Intensität des Elektronenaustrittes (Elektronenemission) an der Fotokatode von der Intensität des Lichteinfalles abhängig ist, weshalb das abgehende Signal in seiner Größe direkt dem Helligkeitswert des jeweils abgetasteten Bildpunktes entspricht.

Das beschriebene Verfahren eignet sich nur zur Übertragung von Filmen und Diapositiven. Für Fernsehkameras sind kompliziertere Bildaufnahmeröhren erforderlich, deren Aufbau und Arbeitsweise nur sehr vereinfacht geschildert werden kann.

Bild 4 zeigt den schematischen Aufbau einer Bildaufnahmeröhre (Ikonoskop). Im Inneren des nahezu luftleer gepumpten Glaskolbens (1) hat man eine Glimmerplatte (3) befestigt, auf deren Vorderseite eine dünne Schicht sehr kleiner Silberkörner aufgetragen wird. Diese Silberkörner sind untereinander elektrisch nicht verbunden und stellen, jedes für sich, eine kleine Fotokatode (2) dar. Die andere Seite der Glimmerplatte trägt eine zusammenhängende Metallschicht (4). Jedes der Silberkörnchen bildet mit der Metallschicht einen kleinen Kondensator, wobei die dazwischenliegende Glimmerplatte als Dielektrikum wirkt. Ein Objektiv (8) sorgt für die scharfe Abbildung des aufzunehmenden Bildes auf der Schicht aus Silberkörnern. Die unterschiedlichen Helligkeitswerte des Bildes rufen dort, wo sie auf die Silberkörner auftreffen, eine Elektronenemission hervor. Es treten Elektronen aus den kleinen Fotokatoden aus. Ihre Zahl ist von der jeweils herrschenden Intensität des Lichteinfalles auf die kleinen Fotokatoden abhängig. Die ausgetretenen Elektronen fliegen zur Anode (5), gehen also der Fotokatode verloren. Dieser Elektronenverlust an den Fotokatoden stört das Ladungsgleich-

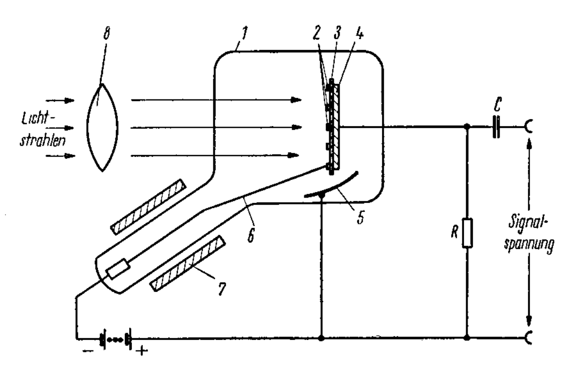


Bild 4. Schematische Darstellung der Bildaufnahmeröhre (Ikonoskop). 1 Glaskolben; 2 Fotokatode; 3 Glimmerplatte; 4 Metallschicht; 5 Anode; 6 abtastender Elektronenstrahl; 7 Fokussier- und Ablenkeinheit; 8 Objektiv

gewicht der kleinen Kondensatoren und kommt einer Aufladung gleich. Der unterschiedliche Elektronenaustritt, hervorgerufen durch die unterschiedliche Intensität der Beleuchtung der einzelnen Fotokatoden (Silberkörner), bedingt die unterschiedliche Aufladung der Kondensatoren, die über die gesamte Fläche der Glimmerplatte verteilt sind. Das optische Bild wird somit in ein elektrisches Ladungsbild umgewandelt und in den einzelnen Kondensatoren gespeichert. Doch damit ist das Problem der Bildübertragung noch nicht gelöst. Das gespeicherte elektrische Bild muß abgetastet werden. Zu diesem Zweck befindet sich in dem Glaskolben ein Elektronenstrahlsystem, das einen Elektronenstrahl (6) von sehr geringem Durchmesser erzeugt. Er wird durch eine Ablenkeinheit entsprechend dem bekannten Schema über die Glimmerplatte mit den aufgetragenen Silberkörnern geführt. Die auftreffenden Elektronen entladen jeden einzelnen Kondensator. Die Veränderung der Ladung auf einer Elektrode eines Kondensators, in unserem Beispiel einem Silberkorn, bedingt gleichzeitig die Veränderung der Ladung der anderen Elektrode des Kondensators, in unserem Bei-

spiel die Metallschicht, um das notwendige Ladungsgleichgewicht zwischen beiden Elektroden zu schaffen. Von der Metallschicht fließen deshalb Elektronen über den Widerstand R ab und erzeugen dabei eine Signalspannung, die weitergeleitet und verstärkt wird. Diese Aufnahmeröhre weist erhebliche Nachteile auf und wird in dieser einfachen Form nicht mehr verwendet. Um bei ihr einen genügenden Abstand zwischen Nutz- und Störsignal zu erreichen, ist große Helligkeit bei der Aufnahme notwendig. In der weiteren Entwicklung wurden immer leistungsfähigere Typen konstruiert, die teilweise so empfindlich sind, daß selbst in der Dämmerung keine zusätzliche Beleuchtung erforderlich ist.
Der innere Fotoeffekt wird erst in letzter Zeit für den Zweck der Bildaufnahme angewendet. Aufnahmeröhren, die auf seinem Prinzip arbeiten, sind zum Beispiel Vidikon und Endikon. Diese Röhren eignen sich besonders für industrielle Fernsehanlagen, da sie kleingehalten werden können und in ihrem Aufbau unkomplizierter sind. Die Bildqualität ist allerdings etwas schlechter, genügt aber den gestellten Anforderungen.

1.3 Bildwiedergabe

Die Umwandlung der elektrischen Signale in ein optisches Bild erfolgt im Empfänger mit Hilfe der Bildröhre.
Treffen Elektronen mit genügend großer Geschwindigkeit auf bestimmte Chemikalien, Leuchtstoffe genannt (z. B. Salze der Metalle Zink und Barium), so wandelt sich ihre Bewegungsenergie beim Auftreffen in Licht um, es entsteht ein Leuchtfleck. Seine Helligkeit ist von der Anzahl der auftreffenden Elektronen, d. h. von der Stärke des Elektronenstromes (Strahlstromes), abhängig.
Wird auf eine größere Fläche (z. B. eine rechteckige Glasplatte) Leuchtstoff aufgetragen und über diese ein sich fortlaufend ändernder Elektronenstrahl nach dem

Schema des Zeilensprungverfahrens geführt, so zeigt sich auf der Leuchtschicht eine Vielzahl von Leuchtflecken unterschiedlicher Helligkeit. Wenn dabei die Stärke des Strahlstromes nicht beliebig verändert, sondern von den ankommenden Bildsignalen gesteuert wird, erhält man auf der Leuchtschicht das übertragene Bild, das sich aus den vielen Leuchtflecken (Bildpunkten) zusammensetzt.

Betrachten wir nun die Bildröhre. Sie besteht aus vielen Bauteilen. In der Hauptsache sind es:

der Glaskolben mit Sockel und Anodenanschluß;

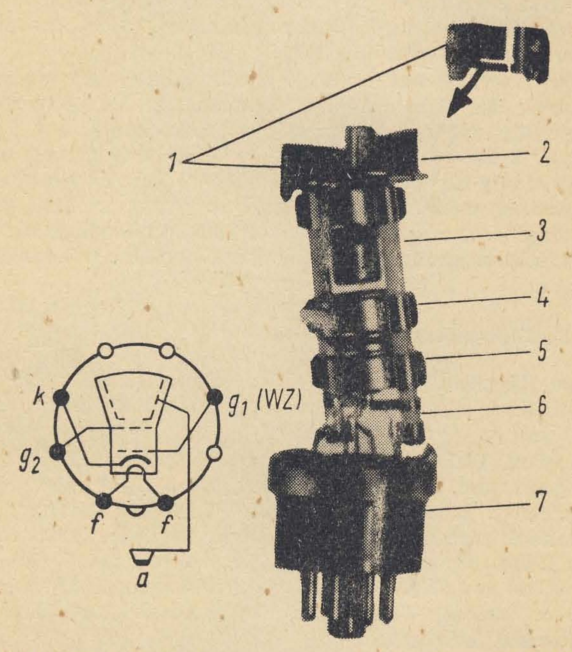


Bild 5. Strahlererzeugungssystem der Bildröhre B 30 M 1. 1 Kontaktbleche (auf der rechten Seite entfernt); 2 Getterpille; 3 Anode; 4 Schirmgitter; 5 Katode und Wehneltzylinder; 6 Elektrodenanschlüsse; 7 Sockel; 8 Sockelschaltung

die auf den Boden des Glaskolbens aufgetragene Leuchtschicht;
die Anode und die Fokussier-Elektroden sowie
die Katode mit Heizfaden und dem darumliegenden Wehneltzylinder.

Dazu kommen noch eine Vielzahl anderer Bauteile, wie Stützen, Verbindungen und Isolationsteile (Bild 5). Auf dem Hals der Bildröhre sitzt außen das Ablenksystem und, je nach Röhrentype, eventuell ein Ionenfallenmagnet und ein Ringmagnet für die Strahlenbündelung (Fokussierung).
Zur Bildwiedergabe wird ein möglichst feiner Strahl schnell fliegender Elektronen benötigt. Die Abgabe der Elektronen durch Thermoemission an der Katode (Elektronen treten aus stark erhitzten Metallen und Metalloxyden leicht aus) soll deshalb gleichmäßig und nur in einem kleinen Gebiet in Richtung des Leuchtschirmes erfolgen. Um das zu erreichen, trägt die Stirnfläche eines kleinen Nickelzylinders die elektronenabgebende (elektronenemittierende) Schicht. Ein Heizfaden im Inneren des Nickelröhrchens erhitzt dieses und die Emissionsschicht.
Wird die Katode in der Nähe einer Elektrode mit hohem positivem Potential angeordnet (Anode), fliegen die negativ geladenen Elektronen zur Anode (un-

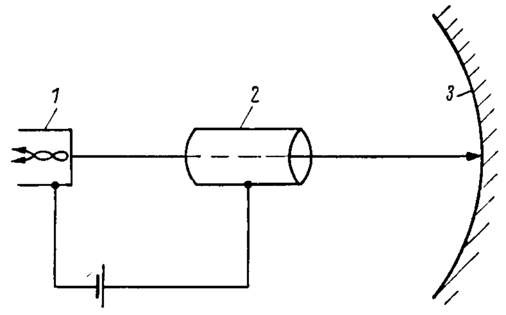


Bild 6. Entstehen des Leuchtflecks auf dem Bildschirm. 1 Katode; 2 Anode; 3 Leuchtschirm

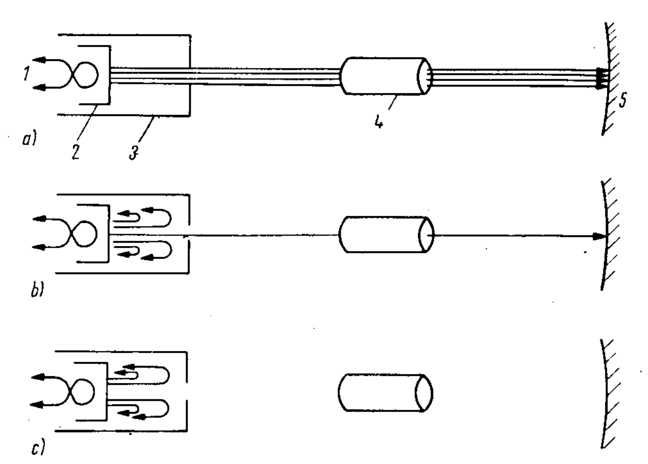


Bild 7. Wirkung des Wehneltzylinders. a) negative Spannung des Wehneltzylinders gegenüber der Katode sehr gering. b) negative Spannung hat einen größeren Wert angenommen. c) die negative Spannung ist so groß, daß der Elektronenstrom versiegt. 1 Heizfaden; 2 Katode; 3 Wehneltzylinder; 4 Anode; 5 Leuchtschirm

gleichnamige Ladungen ziehen einander an). Auf dem Flug zur Anode wächst ihre Geschwindigkeit. Bildet man die Anode als Röhrchen aus, so fliegen die Elektronen durch die Anode hindurch, treffen auf den in einiger Entfernung dahinterliegenden Leuchtschirm und erzeugen hier den schon beschriebenen Leuchtfleck (Bild 6).

Bei der Bildröhre muß sich die Helligkeit des Leuchtfleckes verändern lassen. Das erfordert eine Möglichkeit zur Regelung des Strahlstromes. Man umgibt deshalb die Katode der Bildröhre mit einem Zylinder, der auf der Stirnfläche, in Richtung zur Anode, nur eine kleine Öffnung besitzt (nach seinem Erfinder Wehneltzylinder genannt). Wird an den Wehneltzylinder gegenüber der Katode eine negative Spannung angelegt, so werden die aus der Katode emittier-

ten Elektronen zurückgedrängt (gleichnamige Ladungen stoßen einander ab) und können nur als feiner Strahl durch die Öffnung austreten. Gleichzeitig läßt sich durch eine Änderung der Spannung am Wehneltzylinder die Intensität des Strahlstromes und damit die Helligkeit des Leuchtfleckes steuern. Verhältnismäßig geringe Spannungsänderungen ergeben dabei große Helligkeitsänderungen (Bild 7).

Der so aus dem Strahlerzeugungssystem (Katode und Wehneltzylinder) austretende Elektronenstrahl besitzt zwar nur einen geringen Durchmesser, d. h., er würde auf dem Leuchtschirm einen ausreichend feinen Lichtfleck erzeugen, aber die den Strahl bildenden Elektronen stoßen sich untereinander ab (gleichnamige Ladungen), der Strahl läuft auseinander. Auch das zwischen dem Wehneltzylinder und der Anode entstehende elektrische Feld ruft die gleiche Erscheinung hervor. Die mit einem solchen Strahl erzeugten Bilder sind unscharf. Abhilfe schaffen zusätzliche elektrische oder magnetische Felder, die bei bestimmter Anordnung so auf die Elektronen einwirken, daß diese im Idealfall in einem Punkt zusammen auf dem Leuchtschirm auftreffen. Dieser läßt sich mit dem Brennpunkt (Fokus) einer Sammellinse vergleichen. Für den Vorgang der Strahlenbündelung ist deshalb der Ausdruck Fokussierung gebräuchlich.

In der Praxis wird die magnetische Fokussierung durch einen ringförmigen Dauermagnet erreicht, der zusammen mit dem Ablenksystem auf dem Bildröhrenhals sitzt. Bei der elektrostatischen Fokussierung bewirken zusätzliche in die Elektronenbahn eingebrachte Elektroden die Strahlenbündelung.

Wenden wir uns nun der Ablenkung des Elektronenstrahles zu. Für den Zweck der Bildwiedergabe muß der Leuchtpunkt nach dem bekannten Schema über die Schirmfläche gleiten. Der Elektronenstrahl wird deshalb laufend durch ein geeignetes Ablenksystem zum Ändern seiner Bahn gezwungen.

Nach Durchfliegen der Anode erfolgt die Ablenkung

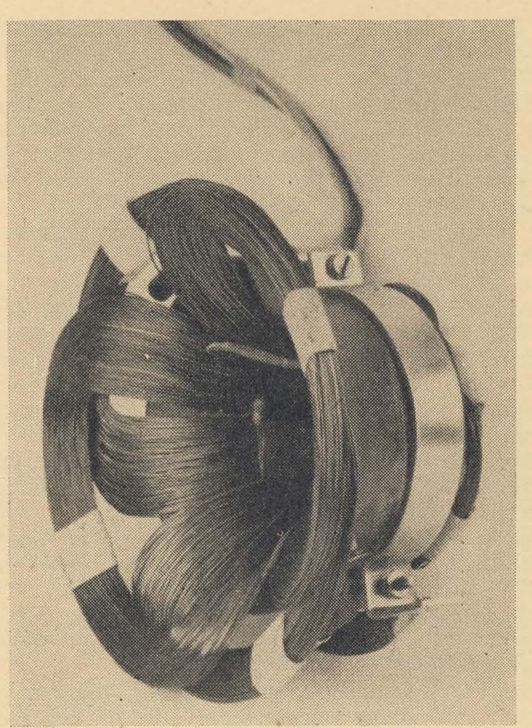


Bild 8. Ablenksystem für 110° Strahlenablenkung (Werkfoto VEB RAFENA)

der Elektronen in waagerechter und senkrechter Richtung durch magnetische Felder.
Zwei Spulen für die Ablenkung in Zeilenrichtung (Horizontalablenkung) sind so im Ablenksystem angeordnet, daß sie einander auf dem Hals der Bildröhre gegenüberliegen. Die Spulenachse verläuft dabei senkrecht zur Röhrenachse und senkrecht zur Ablenkrichtung. Im Winkel von 90° zu diesen Zeilenspulen sind zwei weitere Spulen im Ablenksystem für die

Bildablenkung (Vertikalablenkung) in gleicher Weise angeordnet (Bild 8).

Der Ablenkwinkel ist von der Stärke des magnetischen Feldes abhängig. Dieses hängt wiederum unmittelbar mit dem Stromfluß durch die Spulen zusammen. Ein Ablenken des Elektronenstrahles von links nach rechts und von oben nach unten wird ermöglicht, wenn die Spulen von Wechselströmen bestimmter Charakteristik durchflossen werden (Bild 9).

Der Strom muß langsam ansteigen, dabei verstärkt sich das Magnetfeld, der Strahl wird immer weiter abgelenkt und gleitet über den Schirm. Plötzlich setzt der Stromfluß aus, das Magnetfeld bricht zusammen, und der Strahl läuft zurück. Das wiederholt sich bei der Horizontalablenkung in der Sekunde 15 625mal (25 Bilder zu je 625 Zeilen) und bei der Vertikalablenkung 50mal (50 Halbbilder). Das heißt, auf 625 Zeilenwechsel erfolgen 2 Rasterwechsel.

Im Fernsehempfänger werden die notwendigen Ströme zum Aufbau der Felder in den Ablenkspulen durch die Ablenkstufen erzeugt.

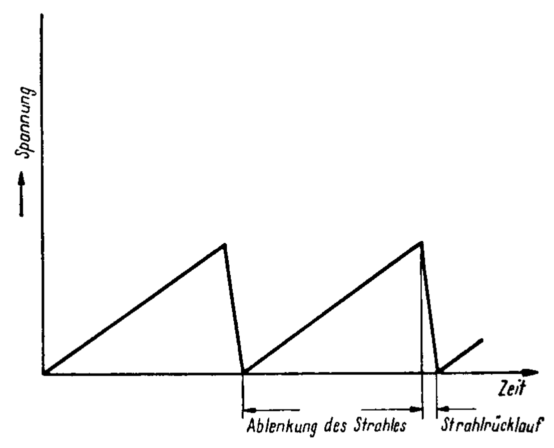


Bild 9. Charakteristik der Ablenkspannung (Prinzip)

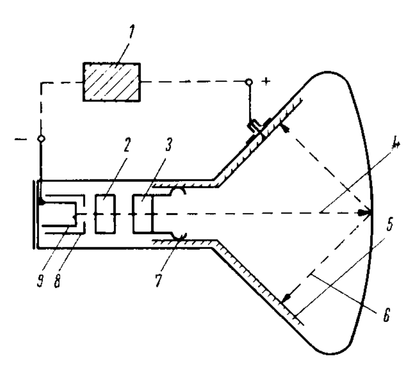


Bild 10. Stromkreis in der Bildröhre. 1 Spannungsquelle; 2 Schirmgitter; 3 Anode; 4 Elektronenstrahl; 5 Graphitbelag; 6 Sekundärelektronen; 7 Kontaktbleche für Spannungszuführung zur Anode; 8 Wehneltzylinder; 9 Katode

Es soll noch erwähnt werden, daß die Strahlerzeugung, Fokussierung und Ablenkung des abtastenden Elektronenstrahles in den Bildaufnahmeröhren nach den gleichen Methoden erfolgt.

Die auf den Leuchtschirm auftreffenden Elektronen müssen auf irgendeinem Weg zur Spannungsquelle zurückgelangen, denn sonst würde sich der Leuchtschirm sehr stark negativ aufladen, und der Stromkreis wäre unterbrochen. Die auf den Leuchtschirm aufprallenden Elektronen erzeugen hier Sekundärelektronen, die vom Leuchtschirm wegfliegen und einer Stelle hoher positiver Spannung zustreben. Um sie gut abzuleiten, wird das Innere des Kolbens, mit Ausnahme der Vorderfront und eines Teils des Röhrenhalses, mit einer Graphitschicht ausgekleidet, die mit der Anode leitend verbunden ist. Die Sekundärelektronen treffen auf diesen Graphitbelag und werden somit dem Stromkreis wieder zugeführt (Bild 10).

In dem Elektronenstrahl der Bildröhre befinden sich neben den Elektronen auch Ionen. Ionen sind elektrisch geladene Teilchen in der Größenordnung von Atomen und Molekülen. Sie können eine positive

oder negative Ladung aufweisen. Die negativen Ionen, die von der Katode mit emittiert werden und zum Teil auch durch Aufprall von Elektronen auf Gasreste in dem Röhrenkolben entstehen, fliegen mit zum Leuchtschirm und treffen hier mit großer Wucht auf. Die Ionen weisen gegenüber den Elektronen eine wesentlich größere Masse auf, sie besitzen auch viel größere Trägheit und werden vom Ablenksystem in ihrer Bahn kaum beeinflußt. Deshalb treffen sie ununterbrochen mit großer Wucht auf eine kleine Fläche in der Mitte des Leuchtschirmes und zerstören in kurzer Zeit die Leuchtsubstanz. In der Mitte der Bildröhre erscheint ein unangenehmer dunkler Fleck — der Ionenfleck.

Um diesem Übel abzuhelfen, werden bei Bildröhren mit 70° und 90° Ablenkwinkel die Strahlerzeugungssysteme nicht in axialer Richtung in den Kolbenhals eingesetzt, sondern sitzen schief in diesem. Nur die röhrchenförmige Anode wird abgeknickt und sitzt in axialer Richtung. Kurz vor dem Knick ist außen auf dem Kolbenhals ein kleiner Dauermagnet befestigt. Er lenkt die leichten Elektronen aus ihrer schiefen Bahn in die axiale Richtung der röhrchenförmigen Anode. Die wesentlich trägeren Ionen werden von seinem Feld nur so gering beeinflußt, daß sie ihre alte Bahn nahezu beibehalten und auf eine kleine Blende in der Anode treffen, ohne Schaden anzurichten (Bild 11).

Bei den Röhren der 110°-Ablenktechnik ist der Röhrenhals enger, um die Ablenkspulen näher an den Elektronenstrahl heranzubringen. Ein schräg eingebautes Strahlerzeugungssystem ist unmöglich. Die Leuchtschicht wird durch einen sehr dünnen Aluminiumbelag geschützt, der über die Kristalle des Leuchtstoffes gelegt ist. Die sehr kleinen Elektronen können den Aluminiumbelag ohne größeren Energieverlust durchdringen, während er für die viel größeren Ionen ein unüberwindliches Hindernis darstellt und somit die Leuchtsubstanz schützt.

Der Aluminiumbelag hat aber noch eine weitere sehr

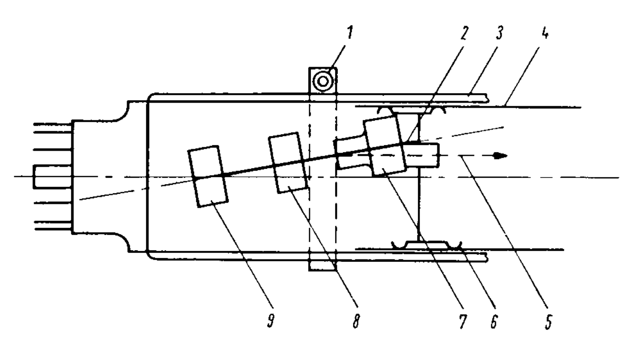


Bild 11. Ionenfalle (schematische Darstellung des im Bild 5 gezeigten Strahlererzeugungssystems). 1 Ionenfalle; 2 Auftreffpunkt der Ionen; 3 Röhrenhals; 4 Graphitbelag; 5 axialer Elektronenaustritt; 6 Kontaktblech; 7 Anode; 8 Schirmgitter; 9 Katode mit Wehneltzylinder

wichtige Aufgabe. Das auf dem Leuchtschirm erzeugte Licht tritt nicht nur nach vorn durch das Glas der Bildröhre, sondern hellt auch das Röhreninnere mehr oder weniger auf. Dabei wird der Kontrast des Bildes vermindert. Der Aluminiumbelag verhindert ein Eindringen der Lichtstrahlen in das Röhreninnere und steigert somit bedeutend den Bildkontrast und die Bildhelligkeit (Bild 12).

In Fachzeitschriften, aber auch in Tageszeitungen und Gesprächen mit Fernsehteilnehmern wird immer wieder die Frage aufgeworfen, ob die zweifellos durch die hohe Anodenspannung (bis 20 kV) in der Bildröhre entstehenden Röntgenstrahlen für den Menschen eine Gefahr darstellen.

Die zuständigen Stellen haben in diesem Zusammenhang zahlreiche Untersuchungen vorgenommen bzw. veranlaßt, die ausführlich in der Fachliteratur dargelegt wurden und eine einigermaßen objektive Einschätzung ermöglichen.

Bei allen, dem Verfasser aus der Literatur her bekannten Untersuchungen gelangt man übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß zwar in Bildröhren eine

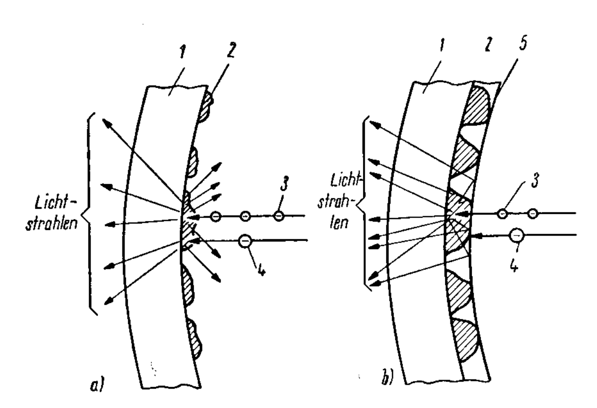


Bild 12. Schnitt durch den Röhrenboden einer metallhinterlegten Bildröhre (a) und einer Röhre ohne Metallhinterlegung (b). 1 Glas; 2 Leuchtkristalle; 3 Elektronen; 4 Ion; 5 Aluminiumbelag

Röntgenstrahlung auftritt, die aber für den Menschen keine Gefahr darstellt.

Wie wissenschaftliche Untersuchungen ergaben, kann der Mensch gewissen Strahlungsmengen ohne körperliche Schädigung in festgelegten Zeiträumen ausgesetzt sein.

Diese schädlichen Dosen werden durch die Strahlung der Bildröhren auch in sehr ungünstigen Fällen nicht erreicht.

Ein weiteres Problem gibt mitunter zu Diskussionen Anlaß, die Gefahr einer eventuell auftretenden Bildröhrenimplosion.

Wenn man bedenkt, daß auf jeden Quadratzentimeter der Bildoberfläche ein Druck von etwas über einem Kilopond ausgeübt wird (Luftdruck von außen — Vakuum im Inneren der Röhre), so läßt sich ohne Schwierigkeiten zeigen, daß ganz beträchtliche Kräfte auf die Bildoberfläche einwirken, die von dem Glas (!) abgefangen werden müssen.

In seltenen Fällen kommt es zu einem plötzlichen

Zusammenbruch der Bildröhre. In der Umgebung könnten die dabei mit großer Wucht fortgeschleuderten Glastrümmer einen erheblichen Schaden anrichten. Genau festgelegte Sicherheitsvorschriften, die bei der Konstruktion der Fernsehempfänger unbedingt eingehalten werden müssen, verhindern das jedoch.

Um den Fernsehteilnehmer vor den Folgen einer solchen Implosion zu bewahren, muß vor der Bildröhre eine Schutzscheibe aus Sicherheitsglas angebracht sein. Weiterhin werden unter der Aufsicht staatlicher Prüfdienststellen (DAMW) nach feststehenden Vorschriften an Neuentwicklungen Implosionsversuche durchgeführt. Wie schon erwähnt wurde, treten Bildröhrenimplosionen selten auf. Soweit es dem Verfasser bekannt ist, hat es dabei außerhalb der Geräte keinen nennenswerten Schaden gegeben. Eine Angst vor Bildröhrenimplosionen ist deshalb völlig unbegründet.

Größer ist natürlich die Gefahr, wenn eine Bildröhre ausgebaut wird und dabei durch unsachgemäße Behandlung mechanische Beeinflussungen auftreten, die dann leicht zu einer Implosion der Bildröhre Anlaß geben können. Beim Umgang mit Bildröhren sind deshalb die entsprechenden Sicherheitsvorschriften unbedingt einzuhalten. Der Laie soll jedoch keine Arbeiten an der Bildröhre durchführen. Der Grund dafür ist nicht nur die bestehende Implosionsgefahr, sondern auch die Möglichkeit einer Beschädigung.

In diesem Zusammenhang eine Bemerkung zu dem oftmals nach dem Ausschalten des Gerätes auf dem Bildschirm auftretenden Leuchtpunkt. Er entsteht dadurch, daß die Katode der Bildröhre nach dem Abschalten des Gerätes erst allmählich erkaltet und bis zu einer bestimmten Temperatur noch Elektronen aussendet, die von der Anode, die gleichfalls ihr hohes positives Potential nur langsam verliert, angezogen werden. Die Ablenkspulen durchfließt aber kein Ablenkstrom mehr, und die Elektronen treffen daher alle in der Mitte des Leuchtschirmes auf. Eine Beschädigung der Bildröhre ist hierdurch nicht zu befürchten.

1.4 Gleichlauf von Bildgeber und Empfänger

Von großer Bedeutung für die einwandfreie Bildwiedergabe im Empfänger ist der Gleichlauf von abtastendem Elektronenstrahl in der Bildaufnahmeröhre und bildaufbauendem Elektronenstrahl in der Bildröhre, d. h., beide Strahlen müssen nach der Übertragung des letzten Bildpunktes einer Zeile gleichmäßig auf die nächste Zeile überwechseln bzw. nach der Übertragung des letzten Bildpunktes eines Halbbildes gleichzeitig mit dem Abtasten bzw. Aufbau eines neuen Halbbildes beginnen.
Schon in Abschnitt 1.1 wurde darauf hingewiesen, daß deshalb neben den Bildsignalen Gleichlaufzeichen übertragen werden. Zu diesem Zweck verfügt das Fernsehstudio über einen Taktgeber, der vielfach auch als Impulszentrale bezeichnet wird. Der Taktgeber formiert die für den Gleichlauf erforderlichen Gleichlaufzeichen (auch Taktzeichen bzw. Gleichlaufimpulse genannt).
Die normgerecht formierten Gleichlaufimpulse gelangen einmal vom Taktgeber zu den einzelnen Bildgebern im Studio und steuern hier die Ablenkstufen der Bildgeber. Zum anderen werden den vom Studio abgehenden Bildsignalen die Taktzeichen zugesetzt. Sie

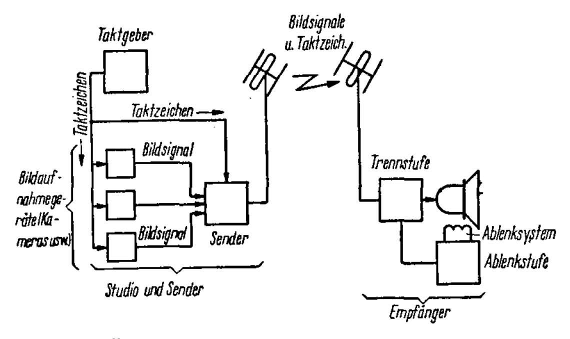


Bild 13. Die Übertragung der Taktzeichen

nehmen so ihren Weg vom Studio über die Fernsehsender zu den Empfängern. Während dann im Empfänger das Bildsignal zur Steuerung der Bildröhre dient, trennt man die Gleichlaufzeichen heraus und führt sie den Ablenkgeräten der Fernsehempfänger zu. Auf diese Weise wird der Gleichlauf von Bildgeber und Empfänger erzwungen (Bild 13).

Die Trennung der Gleichlaufsignale vom Bildsignal erfordert unterschiedliche Eigenschaften beider Signale. Betrachten wir deshalb das übertragene Signal etwas näher.

Die unterschiedliche Helligkeit der abgetasteten Bildpunkte ergibt Bildsignale verschiedener Signalspannung. „Bildweiß“ entspricht dabei 10 Prozent des maximal möglichen Pegels, während bei „Bildschwarz“ der Pegel auf 75 Prozent des möglichen Wertes steigt. Bei der Übertragung von Graustufen liegen die Pegelwerte dann entsprechend zwischen diesen beiden Grenzen (Bild 14).

Jeweils nach der Übertragung einer Zeile bzw. eines Halbbildes wird kurzzeitig der maximal mögliche Pegel übertragen (d. h. 100 Prozent). Das ergibt dann die

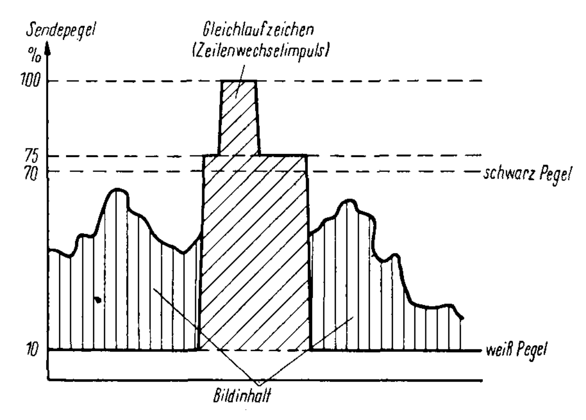


Bild 14. Einteilung des Sendepegels

Gleichlaufimpulse. Sie unterscheiden sich somit durch ihre größere Amplitude vom Bildinhalt. Durch das Übertragen der Gleichlaufzeichen als maximal möglicher Pegel wird gleichzeitig eine Dunkelsteuerung des Bildes im Moment des Zeilen- bzw. Bildwechsels erreicht.

Für den Aufbau eines einwandfreien Rasters ist die Übertragung von unterschiedlichen Gleichlaufzeichen für den Zeilenwechsel (Zeilenwechselimpulse) und den Bildwechsel (Bildwechselimpulse) notwendig. Die beiden Arten der Gleichlaufimpulse unterscheiden sich durch ihre Impulsdauer. Während das Gleichlaufzeichen für den Zeilenwechsel nur etwa 9 Prozent der Abtastdauer einer Zeile beansprucht, erstreckt sich die Übertragung der Bildwechselimpulse auf etwa 6 bis 10 Prozent der Abtastdauer eines Halbbildes. Auf dieses Problem wird in Abschnitt 3.24 noch etwas ausführlicher eingegangen.

2. STUDIO – RICHTFUNKVERBINDUNG – FERNSEHSENDER

2.1 Fernsehstudio

Für die aktuelle und abwechslungsreiche Gestaltung des Fernsehprogramms ist ein erheblicher Aufwand an Geräten und Einrichtungen im Fernsehstudio notwendig.
Die Verwendung mehrerer Fernsehkameras ermöglicht die Aufnahme der zu übertragenden Sendung von verschiedenen Standpunkten und aus verschiedenen Räumen. Neben den Direktübertragungen nehmen Filmübertragungen im Programm einen bedeutenden Platz ein. Zu diesem Zweck stehen im Studio Filmabtaster für Normal- und Schmalfilme zur Verfügung. Diaabtaster, Epiabtaster und Monoskop vervollständigen die Einrichtung. Das Monoskop dient zum Übertragen eines Bildes. Es ist unmittelbar auf seine Fotokatode aufgedruckt.
Alle Bildgeber erhalten vom Taktgeber Gleichlaufzeichen und sind untereinander synchronisiert. Beim Umblenden von einem Bildgeber auf einen anderen ergeben sich im Gleichlauf des gesamten Übertragungssystems, einschließlich der eingeschalteten Empfänger, keine Schwierigkeiten.
Die Bildsignale der einzelnen Bildgeber gelangen zum Bildmischpult, werden in den Vorschauempfängern kontrolliert, und das Bedienungspersonal blendet das treffendste Bild auf den Sender (Bild 15). Besonders bei Direktübertragungen von Fernsehspielen, öffentlichen Veranstaltungen und Sportereignissen hängt es dann vom Personal am Bildmischpult ab, ob das jeweils interessanteste Bild den Weg zum Sender und damit zum Fernsehempfänger nimmt.
In einem Kontrollempfänger wird noch einmal das zum Sender gehende Bildsignal überprüft und ihm in einer Mischstufe die Gleichlaufzeichen zugefügt.

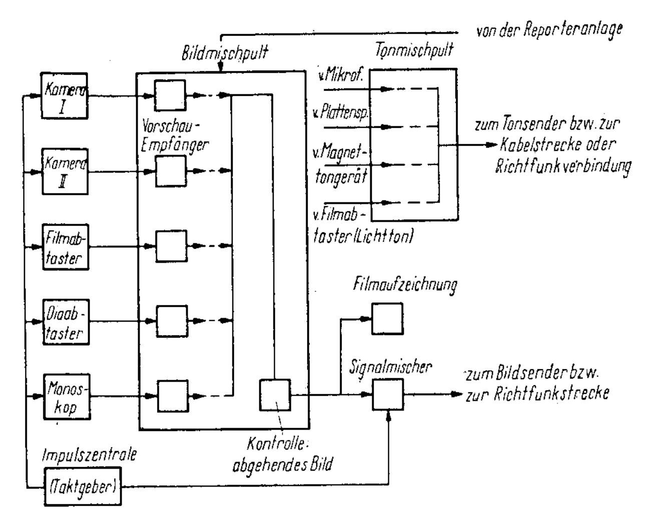


Bild 15. Blockschaltbild eines Fernsehstudios

Die Tonaufnahme erfolgt im Fernsehstudio auf die gleiche Weise wie beim Rundfunk. Parallel zu den Bildaufnahmegeräten laufen die erforderlichen Tonaufnahmegeräte (Mikrofone, Tonbandgeräte, Tonabnehmer) und bei Tonfilmübertragungen der Abnehmer für den Licht- bzw. Magnetton.
Über Kabelstrecken und Dezimeterrichtfunkverbindungen werden den einzelnen Fernsehtonsendern die Tonsignale zugeführt.

2.2 Richtfunkverbindung

Das Bildsignal umfaßt den Frequenzbereich von wenigen Hertz bis zu etwa 5,5 MHz. Diese hohe obere Frequenzgrenze und die große Bandbreite des Bildsignals erfordern besondere Maßnahmen bei seiner Übertragung vom Studio zum Fernsehsender.

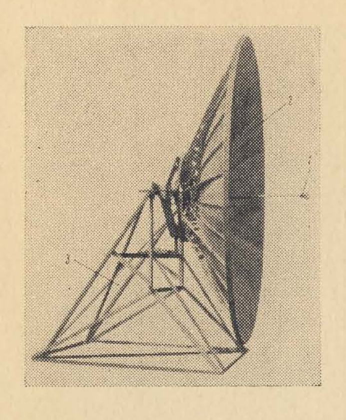


Bild 16. Antennen für Dezimeterwellen (Spiegeldurchmesser 4 m). 1 im Brennpunkt angebrachter Halbwellendipol; 2 metallischer Parabolspiegel; 3 Befestigung (Werkfoto VEB RAFENA)

Gleichzeitig bedingen diese Eigenschaften des Bildsignals Arbeitsfrequenzen der Fernsehsender im UKW-Bereich bzw. im Bereich noch kürzerer Wellen. Auch in der Deutschen Demokratischen Republik werden die Probleme der Fernsehübertragung im Dezimeterbereich aktuell (Dezimeter-Versuchs-Fernsehsender in Berlin und Dequede), da die Frequenzen im UKW-Bereich nicht mehr ausreichen.

Ultrakurzwellen und Dezimeterwellen lassen sich aber infolge ihrer Ausbreitungsbedingungen, die sich denen der Lichtwellen schon nähern, nur in einer begrenzten Entfernung vom Sender einigermaßen störungsfrei und regelmäßig empfangen.

Zur Versorgung eines größeren Gebietes mit dem Fernsehprogramm müssen daher mehrere Sender aufgestellt werden. Natürlich könnte für jeden Sender ein eigenes Studio errichtet werden, doch wer sollte die erheblichen Kosten für den Aufbau und den Unterhalt dieser Studios aufbringen, wenn jedes Studio ein abwechslungsreiches mehrstündiges Programm gestalten müßte? Es wird deshalb nur mit einem Studio gearbeitet und die Entfernung Studio—Sender durch Richtfunkverbindungen überbrückt.

Diese drahtlosen Fernsehzubringerlinien bauen sich

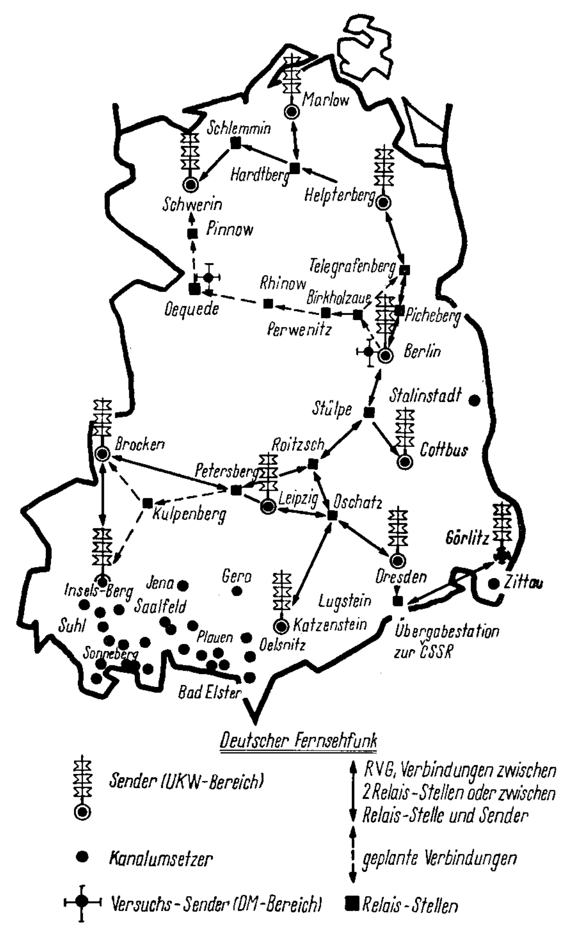


Bild 17. Fernsehsender und Richtfunkverbindungen in der DDR (Stand Ende 1960)

aus einzelnen Dezimeterrichtfunkstrecken auf. Durch spezielle Antennen (Parabolantennen) können die Dezimeterwellen, ähnlich den Lichtstrahlen in einem Scheinwerfer, sehr gut gebündelt und der weitaus größte Teil der Sendeenergie in einer Richtung mit großer Intensität abgestrahlt werden (Bild 16). Sendeenergien von wenigen Watt Höchstfrequenzleistung genügen deshalb für eine sichere Überbrückung von 40 bis 80 km.
Diese Entfernung richtet sich nach dem jeweils vorhandenen Geländeprofil, da für eine Dezimeterverbindung optische Sicht gewährleistet sein muß. Bei größeren Entfernungen vom Studio zum Sender ist das Zwischenschalten sogenannter Relaisstationen (Empfangs-Sendestationen) notwendig. Sie empfangen das von der vorhergehenden Station ausgesendete Signal, verstärken es und strahlen es erneut auf einer etwas anderen Sendefrequenz in der Richtung der nächsten Relaisstelle bzw. Endstelle der Richtfunkverbindung wieder aus. Eine Änderung der Sendefrequenz ist erforderlich, um Rückkopplungserscheinungen innerhalb der Relaisstation zu vermeiden.

2.3 Fernsehsender

Auf dem Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik arbeiten zur Zeit 11 Fernsehsender im UKW-Bereich und 2 Versuchssender im Dezimeterbereich (Bild 17).
Wenn wir von einem Fernsehsender sprechen, müssen wir berücksichtigen, daß dazu zwei Sender gehören, die gemeinsam auf einer Antenne arbeiten, der Bildsender mit Amplitudenmodulation und der Tonsender mit Frequenzmodulation. Nach der bei uns gültigen CCIR-Norm liegt die Sendefrequenz des Bildsenders jeweils 5,5 MHz unter der Sendefrequenz des Tonsenders.
Die verschiedene Modulation der Sender verhindert das gegenseitige Beeinflussen beider Signale (Bild- und

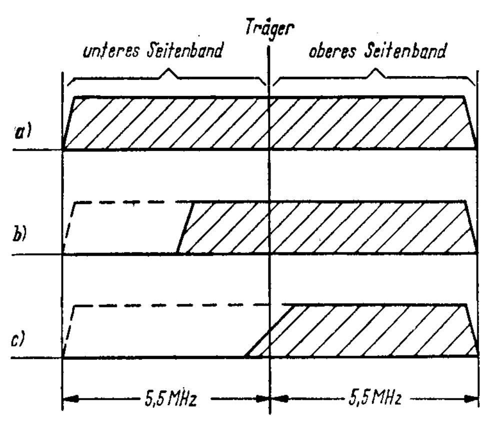


Bild 18. Restseitenbandübertragung. a) Träger mit oberem und unterem Seitenband; b) unteres Seitenband teilweise unterdrückt; c) entsprechende Durchlaßkurve des Empfängereingangs, um Verzerrungen zu vermeiden

Tonsignal) und ermöglicht eine verhältnismäßig einfache Trennung im Empfänger.
Die große Bandbreite des Bildsignals bringt es mit sich, daß der Bildsender nicht nur seine Arbeitsfrequenz abstrahlt, sondern darüber hinaus noch ein entstehendes oberes und unteres Seitenband. Die Breite eines jeden Seitenbandes ist dabei gleich der Bandbreite des Bildsignals. Bei einer Bandbreite des Bildsignals von etwa 5,5 MHz bedeutet das, daß zu beiden Seiten der Arbeitsfrequenz des Bildsenders noch im Abstand von 5,5 MHz Signale vorhanden sind. Das ergäbe für jeden Bildsender einen etwa 11 MHz breiten Kanal. Ein besonderes Übertragungsverfahren begrenzt diesen Kanal jedoch auf 7 MHz. Durch Seitenbandfilter im Bildsender wird ein Teil des unteren Seitenbandes unterdrückt, also nur ein Rest des unteren Seitenbandes übertragen (Restseitenbandübertragung). Der Hochfrequenzteil des Empfängers wird durch geeignete Maßnahmen so ausgelegt, daß dadurch keine störenden Verzerrungen entstehen (Bild 18).

Der Tonsender unterscheidet sich nicht vom üblichen UKW-Rundfunksender. Er strahlt lediglich andere Sendefrequenzen aus, die den für das Fernsehen erteilten Frequenzen entsprechen. Die Leistung des Tonsenders liegt unter der des Bildsenders. Sie soll etwa ein Drittel der Leistung des Bildsenders betragen.

Bild- und Tonsender arbeiten auf einer gemeinsamen Sendeantenne. Eingebaute Frequenzweichen sorgen für eine hochfrequenzmäßige Trennung der Sender untereinander, um Verluste zu vermeiden. Auch könnten sich sonst eventuell gegenseitige Beeinflussungen ergeben.

Schon bei den Richtfunkverbindungen wurde angeführt, daß sich Dezimeterwellen gut bündeln lassen und dann in bevorzugten Richtungen mit größerer Intensität abgestrahlt werden können. Das gilt ebenfalls für die Ultrakurzwellen, wenn auch in geringerem Maße.

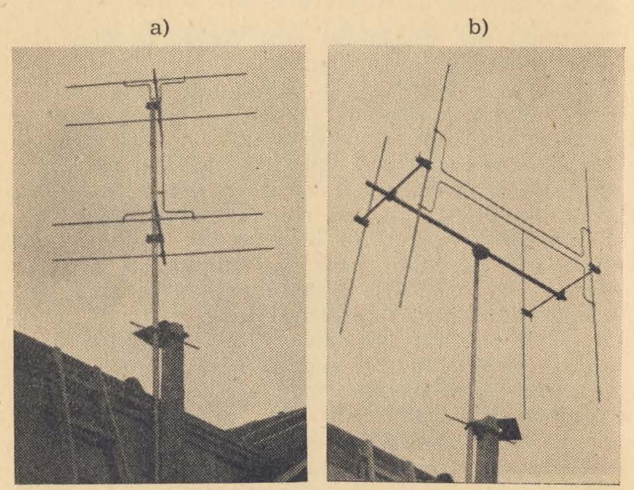


Bild 19. Polarisation von Fernsehantennen. a) horizontale Polarisation; b) vertikale Polarisation

Durch den Aufbau und das Anordnen der Antennenfelder in bestimmten Systemen lassen sich die Wellen besonders in horizontaler Richtung abstrahlen. In senkrechter Richtung, bezogen zur Erdoberfläche, wird nur ein geringer Teil der Sendeenergie nutzlos abgestrahlt. Mit Hilfe der Antennenfelder kann eine wesentliche Steigerung der Senderfeldstärke in horizontaler Richtung erreicht werden.
In der UKW- und Dezimetertechnik findet sehr häufig der Dipol Verwendung. Bei horizontalem Aufbau des Dipols wird von einer horizontalen Poralisation, bei vertikalem Aufbau von vertikaler Polarisation gesprochen. Beide Polarisationsarten wendet die Fernsehtechnik an. Es ist wichtig, die Polarisation der einzelnen Sender zu kennen, denn die Polarisation von Sende- und Empfangsantenne muß übereinstimmen, wenn die Empfangsergebnisse gut sein sollen. Das Anbringen von Direktoren und Reflektoren vor und hinter dem Dipol sowie die Staffelung mehrerer Dipole ändert dabei nichts an der Polarisation (Bild 19).

2.4 Umlenkantennen und Fernseh-Frequenzumsetzer zum Schließen von Versorgungslücken

Die errichteten Fernseh-Großsender versorgen den größten Teil der Deutschen Demokratischen Republik mit dem Programm des Deutschen Fernsehfunks. Beim alleinigen Einsatz dieser Sender bestehen jedoch in den Gebirgsgegenden Thüringens und in den Gebieten des sächsischen Mittelgebirges hinter Bergen und in größeren Tälern keine Fernsehempfangsmöglichkeiten. Das Errichten weiterer Sender mit Richtfunkverbindungen zum Studio wäre in diesen Versorgungslücken unwirtschaftlich. Die ausreichende Versorgung dieser Gebiete wird durch zwei Varianten, die in der Praxis ihre Bewährungsprobe bestanden haben, gewährleistet:

1. durch aktive Umlenkantennen und
2. durch Fernseh-Frequenzumsetzer.

Bei der aktiven Umlenkantenne wird zwischen Emp-

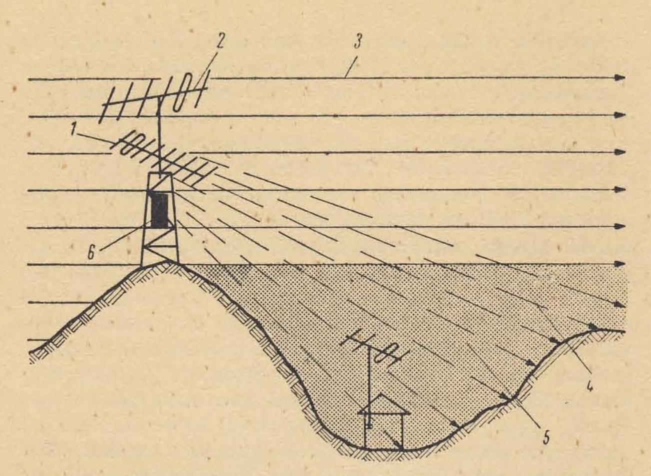


Bild 20. Frequenzumsetzer zur Versorgung ungünstig liegender Gebiete. 1 Sendeantenne des Frequenzumsetzers; 2 Empfangsantenne des Frequenzumsetzers; 3 Wellen des Fernsehsenders; 4 Wellen des Frequenzumsetzers; 5 Schattengebiet; 6 Frequenzumsetzer

fangs- und Sendeantenne ein Verstärker eingefügt (Ausgangsleistung etwa 50 mW). Die Sendeantenne kann nunmehr ein stärkeres Feld erzeugen. Derartige Anlagen sind im praktischen Einsatz.

Allerdings sind aktive Umlenkantennen nur begrenzt anzuwenden, da Empfangs- und Sendefrequenz bei ihnen übereinstimmen. Eine sehr gute Entkopplung zwischen Empfangs- und Sendeantenne ist deshalb notwendig. Die erforderlichen günstigen örtlichen Verhältnisse sind jedoch nicht überall gegeben.

Die genannten Nachteile der aktiven Umlenkantenne werden durch Fernseh-Frequenzumsetzer ausgeschaltet (Bild 20/21). Wie schon der Name sagt, wird bei diesen Geräten die empfangene Frequenz eines Fernsehsenders in einen anderen Kanal, mit einer neuen Frequenz, versetzt und nach einer Verstärkung mit etwa 500 mW abgestrahlt.

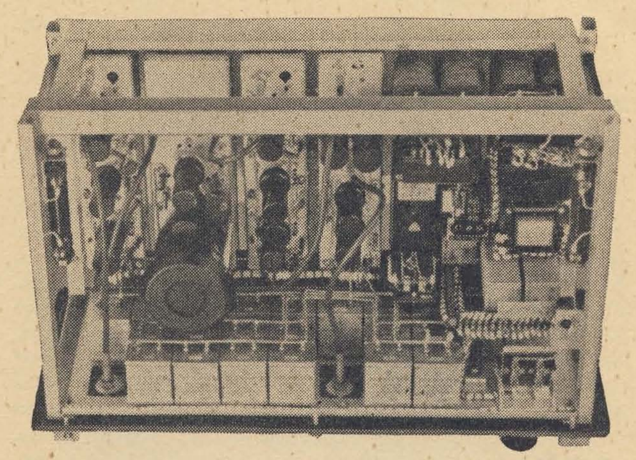


Bild 21. Innenansicht eines Frequenzumsetzers (Werkfoto VEB RAFENA)

Die aktiven Umlenkantennen und Fernseh-Frequenzumsetzer sind mit Langlebensdauerröhren ausgerüstet, die einen wartungsfreien Betrieb über größere Zeiträume ermöglichen.

3. SCHALTUNGSTECHNIK MODERNER FERNSEHEMPFÄNGER

3.1 Blockschaltbild des Fernsehempfängers

Blockschaltbild wird die sehr vereinfachte schematische Darstellung der einzelnen Baugruppen des Gerätes genannt. Verbindungslinien zwischen den einzelnen Baugruppen bezeichnen das elektrische Zusammenwirken. Die Blockschaltbilder vermitteln einen Überblick über die Arbeitsweise des dargestellten Gerätes, denn die verwirrende Vielzahl der Einzelteile, die ein Schaltbild enthält, entfällt beim Blockschaltbild. Das als Klapptafel im Anhang beigefügte Blockschaltbild des Fernsehempfängers „Patriot“ (VEB RAFENA) ermöglicht eine einführende Erklärung in die Arbeitsweise eines Fernsehempfängers.
Die von der Antenne empfangenen Bild- und Tonträger gelangen nach einer Verstärkung in der HF-Vorstufe zur Mischstufe. Neben den Eingangssignalen liegt an der Mischröhre die vom Oszillator erzeugte Oszillatorfrequenz an. Im Ergebnis des Mischvorgangs entsteht die Zwischenfrequenz. Die so erhaltenen Signale sind noch zu schwach, deshalb schließt sich an die Mischstufe ein mehrstufiger Zwischenfrequenzverstärker an. In ihm werden die Signale auf die erforderliche Größe verstärkt. Der folgende Bildgleichrichter demoduliert den amplitudenmodulierten Bildträger. Gleichzeitig erfolgt hier am Bildgleichrichter eine erneute Mischung, da sowohl der Bild- als auch der Tonträger anliegt und sich aus beiden eine weitere Zwischenfrequenz ergibt. Am Ausgang des Bildgleichrichters sind somit das Bildsignal mit den Gleichlaufzeichen und die neue Zwischenfrequenz vorhanden. Dieses Signalgemisch verstärkt der nachgeschaltete Bildverstärker weiter, bevor es der Bildröhre und dem Ton-Zwischenfrequenzverstärker zugeführt wird.
Die Demodulation der Ton-Zwischenfrequenz erfolgt

a)

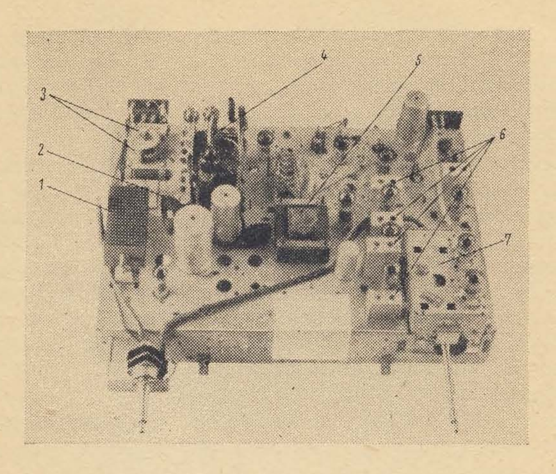
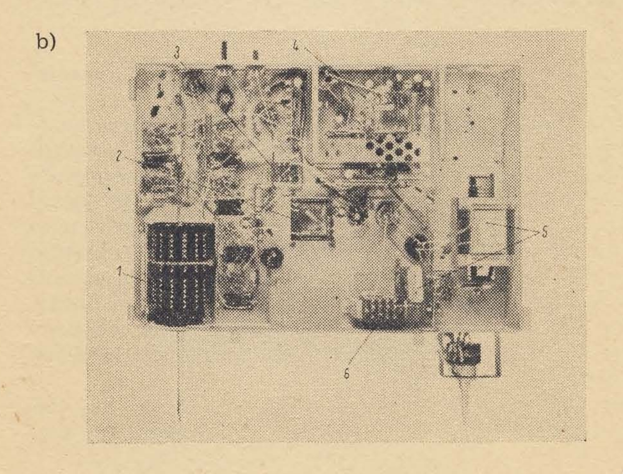


Bild 22. Fernsehempfänger Patriot. a) Chassis von oben. 1 Selengleichrichter; 2 Anschlußkappe für Hochspannung; 3 Netzverdrosselung (Störschutz); 4 Zeilentrafo; 5 Bildtrafo; 6 Bandfilter; 7 Kanalwähler (Tuner). b) Chassis von unten. 1 Kanalwähler (ohne Deckel); 2 Bildtrafo; 3 Bildsperrschwinger; 4 Zeilenkippteil; 5 Siebdrosseln; 6 Tonausgangsübertrager

b)



im Ratiodetektor nach nochmaliger Verstärkung im Ton-Zwischenfrequenzverstärker. Die im Ratiodetektor gewonnene Niederfrequenz gelangt über den Niederfrequenzverstärker und Niederfrequenzendverstärker zum Lautsprecher.

Gleichzeitig liegt am Ausgang des Bildendverstärkers das Amplitudensieb. In ihm erfolgt die Trennung der Gleichlaufimpulse vom Bildinhalt. An das Amplitudensieb schließt sich ein aus Widerständen und Kondensatoren bestehendes Netzwerk an, das die Gleichlaufzeichen für den Rasterwechsel und den Zeilenwechsel voneinander trennt. Die verschiedenen Arten der Gleichlaufimpulse gelangen dann zur Bild- bzw. Zeilenablenkstufe und erzwingen das folgerichtige Arbeiten dieser Stufen.

Die für das Arbeiten der Bildröhre erforderliche hohe Anodenspannung wird im Fernsehempfänger aus der Zeilenablenkstufe gewonnen.

3.2 Die Baugruppen eines Fernsehempfängers

3.21 HF-Vorstufe, Oszillator und Mischstufe

Der Fernsehfunk arbeitet vorzugsweise im Frequenzbereich um 50 MHz und 200 MHz, wenn vom Dezimeterbereich abgesehen wird. Um eine ausreichende Empfindlichkeit der Fernsehempfänger und günstige Signal-Rausch-Verhältnisse zu erzielen, muß die von der Antenne kommende Spannung in einer Hochfrequenz-Vorstufe (HF-Vorstufe) verstärkt werden. Eine weitere Aufgabe der HF-Vorstufe besteht darin, ein Abstrahlen der Oszillatorfrequenz zu verhindern, da anderenfalls in benachbarten Geräten Störungen auftreten können. Von der Deutschen Post werden deshalb an die Störstrahlungsfreiheit des Empfängers hohe Anforderungen gestellt.

Für ein günstiges Signal-Rausch-Verhältnis hat der äquivalente Rauschwiderstand der Eingangsröhre aus-

schlaggebende Bedeutung. Während Pentoden infolge ihrer größeren Verstärkung und geringeren Schwingneigung bei niedrigen Frequenzen (Lang-, Mittel- und Kurzwellen) fast ausschließlich Verwendung finden, dominieren in Eingangsstufen für hohe und höchste Frequenzen (Ultrakurzwellen, Dezimeterwellen) speziell entwickelte Triodenschaltungen. Damit werden die zum Teil bei diesen hohen Frequenzen auftretenden Schwierigkeiten überwunden.

Besondere Probleme ergeben sich aus der endlichen Laufzeit der Elektronen zwischen Katode und Gitter der Röhre. Der Eingangswiderstand der Röhre sinkt dadurch bei hohen Frequenzen bis auf wenige Kiloohm (kΩ) (EF 80 bei 100 MHz 2,5 bis 3,5 kΩ, ECC 84 bei 200 MHz als Katodenbasisstufe etwa 4 kΩ). Das bedeutet bei ungünstiger Schaltungstechnik unter Umständen eine erhebliche Dämpfung des parallel zum Eingangswiderstand der Röhre liegenden Eingangskreises. Besonders spricht aber der geringere äquivalente Rauschwiderstand der Trioden für ihre Verwendung, der bei der EF 80 etwa 1,1 kΩ beträgt, im Gegensatz dazu besitzt die ECC 84 nur einen solchen von etwa 500 Ω.

Zwei Schaltungen haben sich besonders als Eingangsschaltungen bewährt, der Gitterbasisverstärker und der Kaskodenverstärker.

Bei der Gitterbasisschaltung (Bild 23) liegt der Eingang zwischen Masse und Katode, d. h., die Katode führt HF-Potential, sie liegt hochfrequenzmäßig gesehen „hoch". Das Gitter ist bei dieser Schaltung hochfrequenzmäßig geerdet und schirmt somit den Eingang vom Ausgang ab. Diese Schirmwirkung verhindert eine Selbsterregung und macht die bei Trioden sonst notwendige Neutralisation überflüssig. Der Ausgang liegt bei der Gitterbasisschaltung zwischen Anode und Masse, wie es von üblichen Schaltungen bekannt ist. Der Eingangswiderstand der Gitterbasisschaltung ergibt für die Röhre ECC 84 bzw. PCC 84 etwa 170 Ω und für die EC 92 etwa 200 Ω. Infolge dieses niedrigen

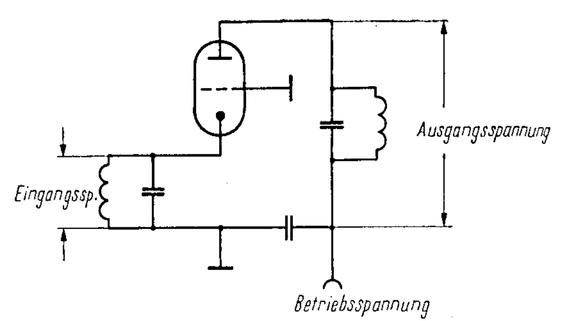


Bild 23. Prinzip der Gitterbasisschaltung

Eingangswiderstandes, der parallel zum Eingangskreis liegen würde, wird bei einer Gitterbasisschaltung als HF-Vorstufe kein Eingangskreis vorgesehen. Der Antenneneingang ist über einen Transformator unmittelbar an den Eingang des Gitterbasisverstärkers gelegt (Bild 24).

Bei der Kaskodeschaltung sitzt vor der oben beschriebenen Gitterbasisstufe ein Katodenbasisverstärker. Für den Eingangswiderstand können so wesentlich höhere Werte erzielt werden (ECC 84 bei 200 MHz etwa 4 kΩ). Der niedrige Eingangswiderstand des nachgeschalteten

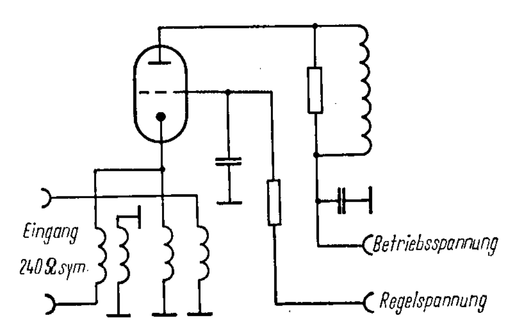


Bild 24. Gitterbasisschaltung mit Eingangstransformator

Gitterbasisverstärkers ergibt für den Katodenbasisverstärker nur eine Verstärkung von etwa 1. Die Gitter-Anoden-Kapazität in der Katodenbasisschaltung führt zur Selbsterregung, und eine Neutralisation wird erforderlich, die aber infolge der geringen Verstärkung in dieser Stufe nicht kritisch ist.

In der Praxis werden in der Kaskodeschaltung die speziell für diesen Zweck entwickelten Doppeltrioden (ECC 84 / PCC 84, ECC 88 / PCC 88) benutzt. Mit der ECC 84 in Kaskodeschaltung lassen sich genügend empfindliche und rauscharme HF-Vorstufen aufbauen. Als Beispiel einer praktisch ausgeführten Schaltung finden wir auf der Klapptafel den Stromlaufplan des Fernsehempfängers „Patriot“ (VEB RAFENA). Anhand dieser Schaltung wollen wir uns nach diesen allgemein gehaltenen Ausführungen zur HF-Vorstufe mit dem Kanalwähler (Tuner) beschäftigen. Unter Kanalwähler verstehen wir die einheitlich in einer allseitig geschlossenen Baugruppe angeordneten Abstimmelemente (Spulen, Drehkondensator), die die Auswahl des Empfangskanals ermöglichen. Gleichzeitig sind in dieser Baugruppe die HF-Vorstufe, der Oszillator und die Mischstufe angeordnet.

Bei der dargestellten Schaltung handelt es sich um eine HF-Vorstufe in Kaskodeschaltung, der sich die Mischstufe mit dem Pentodensystem der PCF 82 anschließt. Die Oszillatorfrequenz erzeugt das Triodensystem der gleichen Röhre unter Verwendung einer Dreipunktschaltung. Die Anordnung der Oszillatorspule unmittelbar neben der Sekundärspule des HF-Bandfilters, die im Gitterkreis der Mischstufe liegt, bewirkt das induktive Überkoppeln der Oszillatorfrequenz auf das Steuergitter der Mischröhre (additive Mischung). Früher wurden vornehmlich Trioden als Mischröhren in Fernsehempfängern verwendet. Heute dominieren Pentoden, wobei sich die bei Trioden notwendige Neutralisation erübrigt, die besonders bei der verwendeten hohen Zwischenfrequenz schwierig ist. Der etwas größere äquivalente Rauschwiderstand einer

Pentode gegenüber einer Triode hat sich in der Praxis kaum als nachteilig erwiesen.
Der grobe Abgleich des Oszillators erfolgt induktiv (durch das Eintauchen eines Messingkernes in den Spulenzylinder ändert sich die Induktivität der Spule und damit die Oszillatorfrequenz). Die von außen zu bedienende Feinabstimmung erfolgt durch einen Drehkondensator mit sehr geringer Kapazitätsänderung.
International hat sich der Trommelkanalwähler durchgesetzt. Auf dem Umfang einer Trommel sind für jeden Kanal axial nebeneinander Antennentrafo (Eingangskreis), HF-Bandfilter und Oszillatorspule angeordnet. Der Antennentrafo wird von den anderen Spulen durch eine Abschirmwand getrennt. Die erforderlichen Schaltkontakte sind auf dem Umfang der Trommel angeordnet und werden über Kontaktfedern für den jeweiligen Kanal mit der übrigen Schaltung verbunden.
Die von der Antenne kommende HF-Spannung wird über zwei Kondensatoren von je 500 pF zur Primärspule des Eingangskreises geführt, die mit ihrer Mittelanzapfung an Masse[1]) liegt. Die beiden Kondensatoren von 500 pF halten die Netzspannung von der Antenne fern, da ein Pol des Netzes unmittelbar am Chassis liegt.
Durch induktive Kopplung gelangt die HF-Spannung von der Primärspule auf die Sekundärspule des Eingangskreises, wobei gleichzeitig eine Widerstandstransformation erfolgt. Der Wellenwiderstand der Antenne und Antennenleitung (240 bzw. 60 Ω) wird dem Eingangswiderstand des Katodenbasisverstärkers angepaßt. Die Transformation erfolgt in der Praxis auf Rauschminimum und nicht auf größtmögliche Leistung.
In Verbindung mit den Schaltkapazitäten und der Eingangskapazität des ersten Triodensystems der PCC 84 bildet die Sekundärspule des Eingangskreises einen

1) Das geschieht zwar nicht bei dem als Beispiel gewählten Gerät; nach obigen Angaben ist aber prinzipiell ein wahlweiser Eingang von 240 Ohm symmetrisch bzw. 60 Ohm unsymmetrisch möglich.

Resonanzkreis für die zu empfangende Frequenz. Dieser Resonanzkreis wird durch einen parallelgeschalteten Widerstand bei den Kanälen 2 bis 4 so bedämpft, daß die notwendige Bandbreite für den Empfang des breiten Frequenzbandes eines Senders entsteht. Das erste System der PCC 84 arbeitet in der vorher angeführten Katodenbasisschaltung. Die kleine Kapazität von 2 pF in Reihe mit dem Kondensator von 6 pF dient zur Neutralisation. Das Gitter erhält die negative Vorspannung über einen 10-Ω-Widerstand von der Regelspannung. Der Kondensator von 6 pF trennt somit gleich das Gitter galvanisch von der Katode. Sämtliche im Kanalwähler untergebrachten Trimmer mit der Kapazitätsvariation 0,3 bis 3 pF dienen bei Röhrenwechsel zum Ausgleich der Streuungen der Röhrenkapazitäten. Das ist notwendig, da bei den verwendeten hohen Frequenzen die Röhrenkapazitäten einen erheblichen Anteil der Kreiskapazitäten darstellen und die Toleranzen im Interesse guter Betriebsverhältnisse klein gehalten werden müssen.

Ein breitbandiges π-Filter, bestehend aus der Spule Dr 301, der Ausgangskapazität der Katodenbasisstufe und der Eingangskapazität der folgenden Gitterbasisschaltung, dem zweiten System der PCC 84, verbindet die Katoden mit der Gitterbasisschaltung zur Kaskodeschaltung. Die Verstärkung erhöht sich dadurch, gleichzeitig tritt eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses ein.

Das Steuergitter des zweiten Systems der PCC 84 arbeitet in der besprochenen Gitterbasisschaltung. Über einen Kondensator von 3 nF ist es HF-mäßig an Masse gelegt. Der geringe Eingangswiderstand bedämpft das π-Filter sehr stark, woraus sich auch seine große Bandbreite erklärt. Die notwendige Gittervorspannung für die Gitterbasisstufe wird dem Spannungsteiler entnommen, bestehend aus den Widerständen W 303 und W 305. Im Anodenkreis der Gitterbasisstufe liegt die durch einen Widerstand bedämpfte Primärspule eines

HF-Bandfilters. Ein RC-Glied von 5 kΩ und 500 pF trennt die HF von der Anodenspannungszuführung.
Die HF-Energie wird induktiv auf die Sekundärspule des HF-Bandfilters gekoppelt. Für die Bandbreite des HF-Bandfilters ist die Kopplung beider Spulen entscheidend. Ein Vergrößern oder Verringern des Abstandes der beiden Spulen voneinander läßt beim Abgleich den günstigsten Wert erreichen. Die Sekundärspule liegt HF-mäßig über einen Kondensator von 20 pF gegen Masse, wodurch Gitter und Katode gleichspannungsmäßig getrennt werden. Das andere Ende der Spule ist unmittelbar an das Gitter der Mischpentode geführt. Als Gitterableitwiderstand wirkt die Widerstandskombination von 200 kΩ und 5 kΩ. Die Aufteilung des Gitterableitwiderstandes in zwei hintereinandergeschaltete Widerstände ermöglicht das Herausführen eines Meßpunktes, ohne beim Anschluß des Meßkabels den Resonanzkreis allzu stark zu bedämpfen. Schaltkapazitäten und die Eingangskapazität des Röhrensystems bilden auch hier wieder im Zusammenhang mit der Sekundärspule einen Resonanzkreis. Am Meßpunkt selbst kann die Durchlaßkurve der HF-Stufe mit einem empfindlichen Galvanometer, einem Röhrenvoltmeter oder beim Wobbeln mit dem Sichtgerät abgenommen werden. Die Hochfrequenz wird dabei über den Antenneneingang gekoppelt. Beim Abgleich des folgenden ZF-Verstärkers wird die Zwischenfrequenz am Meßpunkt in das Gerät eingekoppelt.
Der Oszillator stellt eine Dreipunktschaltung dar, die allerdings von der üblichen Schaltung bei niedrigeren Frequenzen etwas abweicht. Würden bei einem Schaltbild die Schaltkapazitäten, die Röhrenkapazitäten und die Induktivitäten der Zuleitungen mit angegeben, so ließe sich die Dreipunktschaltung leichter erkennen. Die Kreisinduktivität ist im vorliegenden Fall an drei Punkten angezapft. Es ist dies einmal der Anschluß des Steuergitters über einen Kondensator von 20 pF, der die Anodenspannung vom Gitter fernhält. Die zweite Anzapfung liegt am unteren Ende der Spule und führt direkt zur Anode. Die dritte Anzapfung ist

die Zuführung an die Katode über den Abstimmdrehkondensator. Die Zuleitungen von der Spule zu der Statorplatte haben immerhin eine solche Länge, daß die Induktivität dieser Leiterstückchen ausreicht. Der Bügel b wird nur bei niedrigen Programmen, beim Empfang im Band 1 eingefügt. Durch ihn wird parallel zu einer kleinen Statorplatte des Drehkos eine weitere zugeschaltet, wodurch sich die Kapazitätsvariation und das LC-Verhältnis auch den Betriebsbedingungen in den niederfrequenten Kanälen angleichen.

Die noch vorhandenen Bauteile in der Oszillator- und Mischschaltung haben folgende Aufgaben: Der zwischen Gitter und Katode der Oszillatorröhre liegende Widerstand von 10 kΩ ist der Gitterableitwiderstand. In der Anodenspannungszuführung der Mischröhre und der Oszillatorröhre befindet sich jeweils ein Widerstand von 10 kΩ, der im Zusammenwirken mit dem Durchführungskondensator von 3000 pF die Zuleitungen von der HF entkoppelt. Unmittelbar hinter der Anode der Mischröhre ist ein Widerstand von 10 Ω eingefügt, der ein wildes Schwingen verhindert.

An die Mischröhre schließt sich, unmittelbar im Kanalwähler untergebracht, die Primärspule des ersten ZF-Bandfilters an. Induktiv an diese Primärspule ist eine Tonfalle zur Unterdrückung des Nachbartonträgers angekoppelt.

Um Störabstrahlung und -einstrahlung zu vermeiden, ist der gesamte Kanalwähler, einschließlich der Trommel mit den Spulensegmenten, allseitig geschlossen. Im Innern befindet sich eine Abschirmung, welche die Katodenbasisstufe von der folgenden Gitterbasisstufe, der Misch- und Oszillatorstufe, trennt. Mit Durchführungskondensatoren werden die Anoden-, Gitter- und Heizspannungen durch die Abschirmung geführt. Die Heizleitungen der beiden Röhren im Kanalwähler sind verdrosselt und abgeblockt, um unerwünschte Kopplungen zu vermeiden.

3.22 Zwischenfrequenzverstärker

Für die Zwischenfrequenz sind 38,9 MHz für den Bildträger und 33,4 MHz für den Tonträger gebräuchlich. Zwischen Empfangsfrequenz, Überlagerungsfrequenz (Oszillatorfrequenz) und Zwischenfrequenz besteht die Beziehung:

Zwischenfrequenz = Überlagerungsfrequenz – Empfangsfrequenz.

Ein Beispiel soll das veranschaulichen:
Ein Fernsehsender im Kanal 6 (z. B. Brocken) arbeitet auf den Frequenzen:

Bildträger (Bildsender) 182,25 MHz
Tonträger (Tonsender) 187,75 MHz

Die gewünschten Zwischenfrequenzen ergeben sich für diesen Empfangskanal bei einer Oszillatorfrequenz von 221,15 MHz (Bild 25).

Zwischenfrequenz des Bildträgers = 221,15 MHz – 182,25 MHz = 38,9 MHz

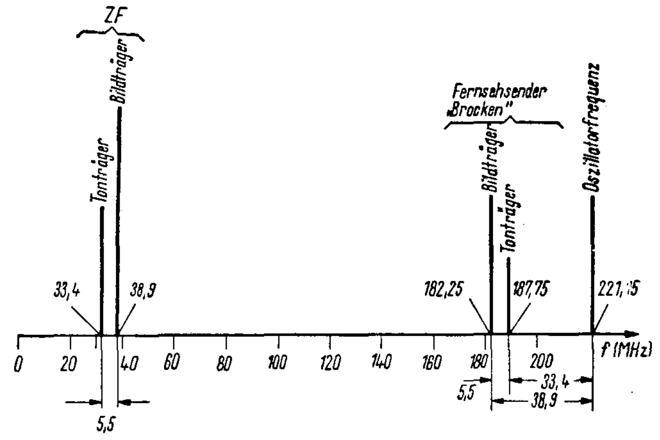


Bild 25. Die Lage des Bild- und Tonträgers zueinander vor und nach dem Mischvorgang

Zwischenfrequenz des Tonträgers = 221,15 MHz — 187,25 MHz = 33,4 MHz

Die weitere Verstärkung der so gewonnenen Zwischenfrequenzen erfolgt im Zwischenfrequenzverstärker (ZF-Verstärker) nach dem Zwischenträger- oder Intercarrier-Verfahren. Das Zwischenträger-Verfahren nutzt das festliegende Frequenzintervall zwischen Bildträger und Tonträger aus. Bild- und Tonsignale werden bei diesem Verfahren bis zum Bildgleichrichter gemeinsam verstärkt.

Der ZF-Verstärker erfüllt folgende Aufgaben:

1. Weitere Verstärkung der Bild- und Tonsignale auf eine Größe, die bei normalen Empfangsbedingungen eine einwandfreie Bild- und Tonwiedergabe gewährleistet.
2. Erzielen der notwendigen Trennschärfe gegenüber Fernsehsendern, die in den benachbarten Kanälen arbeiten und am Empfangsort gleichfalls stark einfallen (Bild 26).
3. Erzielen der für die Restseitenbandübertragung und für das Differenzträger-Verfahren geforderten

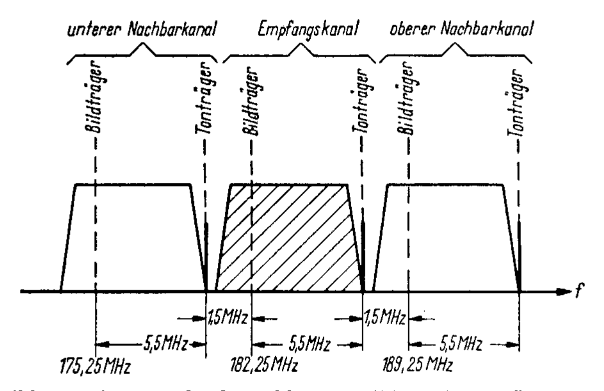


Bild 26. Die Lage der benachbarten Bild- und Tonträger

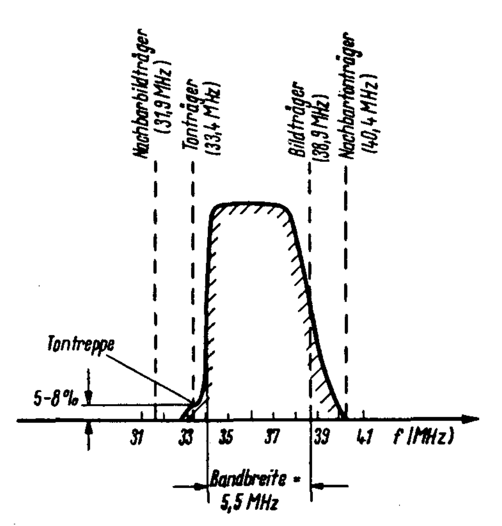


Bild 27. Durchlaßkurve eines ZF-Verstärkers

Durchlaßkurve mit einer Bandbreite von 4,5 MHz (Bild 27).

Die große Bandbreite des ZF-Verstärkers läßt sich nur durch eine zusätzliche Bedämpfung der verwendeten Resonanzkreise erreichen. Das bedeutet aber Verstärkungsverlust. Dazu kommt die hohe Zwischenfrequenz, die ebenfalls keine großen Verstärkungen zuläßt. Die notwendige Verstärkung wird deshalb durch drei bis vier hintereinandergesetzte Verstärkerstufen mit je etwa zehnfacher Verstärkung erreicht. Die Methode der Restseitenbandübertragung und des Zwischenträger-Verfahrens erfordert eine besondere Empfängerdurchlaßkurve, um Verzerrungen zu vermeiden. Durchlaßkurven von dieser Form ergeben Kombinationen mehrerer Resonanzkreise mit versetzten Resonanzfrequenzen oder bandfiltergekoppelte ZF-Verstärker. An die einzelnen Kreise gekoppelte Frequenzfallen (Saugkreise und Sperrkreise hoher Güter) beeinflussen

die Flankensteilheit und unterdrücken von benachbarten Kanälen einfallende Bild- und Tonträger.
Betrachten wir zuerst den Aufbau eines Zwischenfrequenzverstärkers mit versetzten Einzelkreisen. Die induktive Kopplung der einzelnen ZF-Stufen erfolgt durch Bifilarkreise, bei denen die Koppelspule unmittelbar zwischen die Windungen der Kreisspule auf den gleichen Spulenkörper gewickelt ist (Bild 28). Durch den sich ergebenden Kopplungsfaktor von etwa 1, wirken Bifilarkreise wie Einzelkreise. Die erforderliche Kreiskapazität bilden die unvermeidlichen Röhren- und Schaltkapazitäten. Der Abgleich der Resonanzkreise auf Sollfrequenzen erfolgt induktiv durch Herein- bzw. Herausdrehen eines Maniferkernes. Parallelgeschaltete Widerstände ergeben die notwendige und richtige Bandbreite der Einzelkreise. In der Praxis ergeben dann 5 Kreise und 5 Fallen die geforderte Durchlaßkurve (Bild 29 und 30).
In letzter Zeit setzt sich der bandfiltergekoppelte ZF-Verstärker immer mehr durch, der bei etwa gleichem Aufwand eine höhere Gesamtverstärkung und bessere Nachbarkanalselektionen (größere Trennschärfe) ergibt. Auch hier dienen wieder an einzelne Kreise kapazitiv oder induktiv gekoppelte Frequenzfallen zur Unterdrückung des Nachbarkanalbildträgers, Nachbarkanaltonträgers und des Eigentonträgers. Für das Zwischenträger-Verfahren ist die Unterdrückung des Eigentonträgers auf etwa 8 Prozent des Maximalpegels notwendig, es ergibt sich dadurch die Tontreppe.
Der in dieser Broschüre als Beispiel gewählte Fernsehempfänger „Patriot“ (VEB RAFENA) besitzt einen dreistufigen bandfiltergekoppelten ZF-Verstärker (Schaltbild siehe Klapptafel).

Erstes Bandfilter

Das erste Halbglied dieses Bandfilters sitzt unmittelbar neben der Mischröhre und ist über eine Koppelkapazität und Leitung mit dem zweiten Halbglied (Sp 101) verbunden. Die an das erste Halbglied angekoppelte Falle F_1 unterdrückt auftretende parasitäre Schwin-

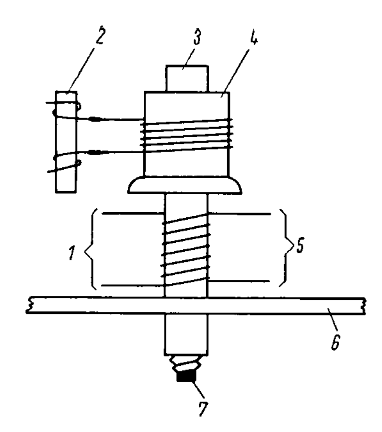


Bild 28. Aufbau eines Bifilarkreises mit angekoppelter Falle

gungen. Die Falle F_2, kapazitiv an das zweite Halbglied gekoppelt, unterdrückt den Eigentonträger auf die notwendige Größe (Tontreppe). Die erforderliche Bandbreite des Filters ergibt sich durch die Bedämpfung mit einem 2-kΩ-Widerstand (W 101).

Zweites Bandfilter (Sp 102)

An dieses aus zwei Kreisen bestehende Bandfilter sind die Fallen F_3 und F_4 zur Unterdrückung des Nachbarbildträgers bzw. des Nachbartonträgers gekoppelt. Die Kopplung der beiden Resonanzkreise des Bandfilters

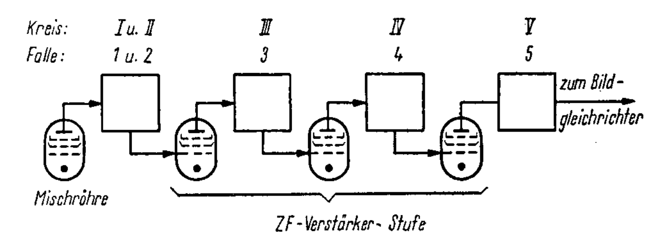


Bild 29. Schematischer Aufbau eines ZF-Verstärkers mit versetzten Einzelkreisen

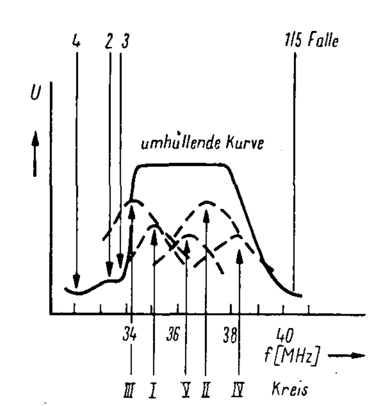


Bild 30. Entstehung der resultierenden ZF-Durchlaßkurve aus der Wirkung der Einzelkreise und Fallen

erfolgt über den Fußpunktwiderstand W 112 und über den Widerstand W 118. Die Widerstände W 111 und W 119 ergeben durch die Bedämpfung der Resonanzkreise die erforderliche Bandbreite. Der Kondensator C 121 hält die am Bandfilter anliegende Anodenspannung der Röhre 102 vom Gitter der folgenden Röhre fern.

Drittes Bandfilter (Sp 103)

Der Aufbau dieses induktiv gekoppelten Bandfilters ähnelt dem Aufbau der in Rundfunkempfängern verwendeten Bandfilter. Für die Einstellung der geforderten Durchlaßcharakteristik ist der Kopplungsgrad beider Kreise entscheidend. Für die richtige Einstellung sind deshalb einige Windungen beider Kreisspulen eng aneinandergewickelt und mit einem Abgleichkern versehen. Der Widerstand W 131 dient wiederum zur Bedämpfung und damit zum Erreichen der Bandbreite.

Viertes Bandfilter (Sp 104)

Der Aufbau dieses Bandfilters gleicht dem Bandfilter SP 103. Zusätzlich ist im Becher dieses Bandfilters eine

Germaniumdiode – der Bildgleichrichter – untergebracht.

Mit Ausnahme des zweiten Halbgliedes des Bandfilters SP 104 ergeben sich auch hier überall die Kreiskapazitäten der Resonanzkreise aus den unvermeidlichen Röhren- und Schaltkapazitäten.

Die Verstärkung des ZF-Verstärkers läßt sich durch Anlegen einer veränderlichen Gittervorspannung. (Regelspannung) an die ersten beiden Stufen ändern. Die wechselnde Gittervorspannung bedingt aber ein Ändern der Gitter-Katoden-Kapazität der Röhre und damit ein Ändern der Kreiskapazität. Um das zu verhindern, wird in die Katodenzuleitungen dieser beiden Röhren (Rö 101, Rö 102) jeweils ein kleiner, kapazitiv nicht überbrückter Widerstand (W 107, W 121) gelegt. Die entstehende Gegenkopplung verhindert zu große Kapazitätsschwankungen.

Bei stark einfallenden Sendern könnte es nach dem Einschalten zu einer Überlastung der Diode kommen, weil die Regelspannung erst eine gewisse Zeitspanne nach dem Einschalten entsteht, während der ZF-Verstärker schon arbeitet. Um das zu verhindern, legt man das Schirmgitter nicht über einen Widerstand an die Anodenspannung, sondern gewinnt die Schirmgitterspannung für die dritte ZF-Verstärker-Röhre aus der Zeilenendstufe. Diese Spannung entsteht aber erst dann, wenn auch die Regelspannung vorhanden ist. Somit bleibt diese Röhre so lange gesperrt, bis die Überlastungsgefahr beseitigt ist. Gleichzeitig unterdrückt man dadurch ein sonst beim Zwischenträger-Verfahren nach dem Einschalten kurzzeitig entstehendes Brummen.

3.23 Bildgleichrichter, Bildverstärker und Tonteil

An den dreistufigen ZF-Verstärker schließt sich der Bildgleichrichter an. In ihm erfolgt die Demodulation

des amplitudenmodulierten Bildträgers. Am Bildgleichrichter[2]) steht das Bildsignal mit seiner großen Bandbreite. Gleichzeitig mischt der Bildgleichrichter, der heute als Germaniumdiode meist mit in den Becher des letzten ZF-Bandfilters eingebaut ist, Bildträger und Tonträger nach dem schon von der Mischstufe her bekannten Prinzip. Dabei entsteht eine weitere Trägerfrequenz von 5,5 MHz, die sich aus der Differenz von Bildträger (38,9 MHz) und Tonträger (33,4 MHz) ergibt.

Der entstandene Zwischenträger von 5,5 MHz ist mit dem Bildinhalt amplitudenmoduliert und mit dem Tonsignal frequenzmoduliert. Das Intercarrier-Verfahren nutzt nun den entstandenen Zwischenträger zum Tonempfang aus.

Bevor auf die weitere Behandlung des entstandenen Zwischenträgers und damit auf das Prinzip des Tonempfanges eingegangen wird, soll erst noch der Weg des am Bildgleichrichter gewonnenen Videosignales weiter verfolgt werden.

Das gewonnene Videosignal ist noch zu schwach, um die Helligkeitssteuerung der Bildröhre zu übernehmen. Auf den Videogleichrichter folgt deshalb eine weitere Verstärkerstufe — der Bildverstärker (Pentodensystem der Röhre 104).

Über die Drosseln Dr 101 und Dr 102, die zum Sperren von Oberwellen dienen, welche beim Mischvorgang an der Diode entstehen, gelangt das Bildsignal und der Zwischenträger von 5,5 MHz über die Drossel Dr 103 und den parallel dazu angeordneten Widerstand zum Steuergitter der Bildverstärkerröhre. Die Drossel Dr 103 sowie die Drosseln Dr 104 und 105 im Anodenkreis des gleichen Röhrensystems sind sogenannte Korrekturdrosseln. Sie kompensieren schädliche Schaltkapazitäten und heben die Durchlaßcharakteristik zum höherfrequenten Ende etwas an (Bild 31). Das ist für eine gute Bildauflösung erforderlich. Von der Anode

[2]) Für den Ausdruck „Bild“ wird in der Fernsehtechnik häufig der Ausdruck „video“ (lat. videre — sehen, erblicken) verwendet, z. B. statt Bildgleichrichter — Videogleichrichter.

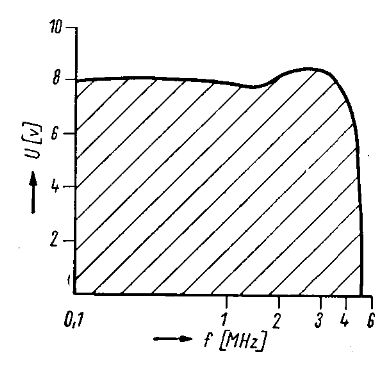


Bild 31. Die Durchlaßkurve des Bildverstärkers

des Bildverstärkers gelangen die Bildsignale über die besprochenen Korrekturdrosseln und den Sperrkreis SP 106 zur Katode der Bildröhre. Der Sperrkreis ist auf 5,5 MHz abgestimmt und verhindert noch vorhandenen Resten des Zwischenträgers den Zutritt zur Bildröhre, läßt aber die Bildsignale ungehindert passieren.

Die Katode der Bildröhre ist galvanisch mit der Anode der Bildverstärkerröhre verbunden. Die Bildröhrenkatode besitzt somit ein positives Potential, das im Rhythmus der Bildsignale um den Mittelwert von etwa 170 V schwankt. Das Regeln der Grundhelligkeit des Bildes erfolgt mit dem Helligkeitsregler (Potentiometer W 171), in dem der Wehneltzylinder eine feste positive Spannung erhält, die mehr oder weniger unter dem Potential der Katode liegt. Gegenüber der Katode besitzt der Wehneltzylinder somit ein negatives Potential, das sich gleichfalls im Rhythmus der Bildsignale ändert. Diese Potentialänderung bewirkt die Steuerung des Strahlstromes und damit die Helligkeitssteuerung der Bildpunkte. Die Helligkeitsänderung ist nicht mit der Kontraständerung zu verwechseln. Helligkeit und Kontrast sind zwei grundverschiedene Dinge. Unter Kontrast ist das Verhältnis der größten zur geringsten Leuchtdichte des Bildes zu verstehen. Im Fernseh-

empfänger ist dabei der Kontrast von der Verstärkung in der HF-Vorstufe und dem ZF-Verstärker abhängig, weshalb die Kontrastregelung durch Verstärkungsregelung des HF- und ZF-Verstärkers erfolgt (Regelspannung).
Gleichzeitig mit dem Bildsignal wird der Zwischenträger (beim behandelten Gerät ist das so, es gibt auch die Möglichkeit der Auskopplung des Zwischenträgers unmittelbar nach dem Videogleichrichter) im Bildverstärker verstärkt.
Über eine kleine Koppelkapazität (C 205) nimmt der Zwischenträger seinen Weg zu einer weiteren Ton-ZF-Verstärkerstufe und wird nach nochmaliger Verstärkung in dieser dem Demodulator zugeführt.
Es wurde schon erwähnt, daß beim Zwischenträger Frequenz- und Amplitudenmodulation gemeinsam auftreten. Für diese beiden Modulationsarten sind verschiedene Demodulatorschaltungen bekannt, wobei jede dieser Schaltungen unter bestimmten Voraussetzungen immer nur für eine Modulationsart brauchbar ist und für die andere kein Ergebnis liefert.
Die im Bildgleichrichter angewendete Schaltung demoduliert zum Beispiel nur den amplitudenmodulierten Bildträger.
Uns interessiert bei der Demodulation des Zwischenträgers das Tonsignal, also die frequenzmodulierte Komponente. Aus diesem Grund verwendet man eine Schaltung, die nur auf Frequenzmodulation anspricht (Ratiodetektor — Duodioden der Röhre PABC 80) und das gewünschte Tonsignal liefert.
Ein Niederfrequenzverstärker, bestehend aus dem Triodensystem der Röhre PABC 80 und der Pentode PL 95, bringt das Tonsignal auf die erforderliche Größe, um es über den Lautsprecher abzustrahlen.

3.24 Amplitudensieb und Ablenkteil

Über die Bedeutung des folgerichtigen Bildaufbaus und die damit im Zusammenhang stehende Übertra-

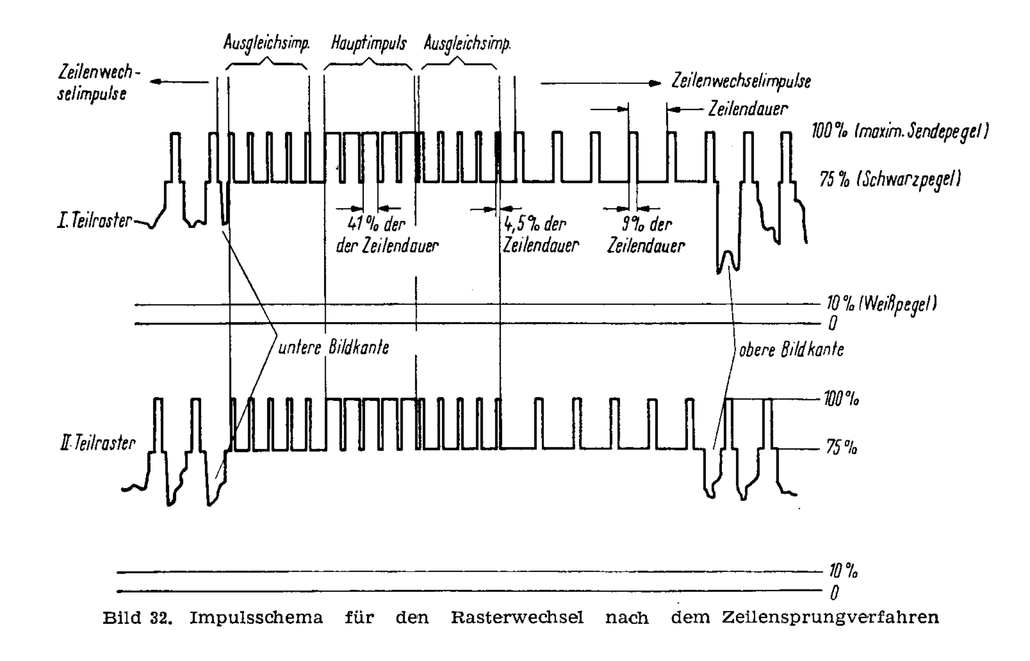


Bild 32. Impulsschema für den Rasterwechsel nach dem Zeilensprungverfahren

gung der Gleichlaufzeichen (Gleichlaufimpulse) wurde bereits gesprochen. Das genaue Ineinandergreifen der beiden Teilraster (Zeilensprungverfahren) stellt an den Aufbau des übertragenen Impulsschemas hohe Anforderungen, um ein Aufeinanderliegen beider Halbbilder zu vermeiden. Für die beiden Halbbilder sind daher zwei, im Bildwechsel etwas voneinander abweichende, Impulsschemata notwendig (Bild 32).

Innerhalb der Impulsschemata lassen sich wiederum drei unterschiedliche Impulsarten erkennen:

1. Zeilenwechselimpulse (auch Horizontalimpulse) —
   Ihre Impulsdauer beträgt 9 Prozent der Zeilendauer.
2. Rasterwechselimpulse (auch: Vertikal- oder Hauptimpulse) —
   Dieser Impuls ist aus noch zu erläuternden Gründen in fünf Einzelimpulse mit einer Impulsdauer von 41 Prozent der Zeilendauer zerlegt.
3. Ausgleichimpulse (auch: Trabanten) —
   Sie stehen jeweils fünfmal vor und nach dem Hauptimpuls. Sie haben die Aufgabe, die durch das Zeilensprungverfahren und die damit verbundenen unterschiedlichen Impulsschemata hervorgerufenen Verschiebungen an den folgenden Schaltgliedern zur Trennung von Zeilen- und Rasterwechselimpulsen auszugleichen.

Vom eigentlichen Bildsignal unterscheiden sich die Gleichlaufimpulse durch ihre größere Amplitude. Gleichlaufzeichen liegen im Pegel über den Bildsignalen. Bei der Negativmodulation, wie sie bei uns ausschließlich angewendet wird, entspricht „Bildweiß" einem Pegel von 10 Prozent, „Bildschwarz" einem solchen von 75 Prozent, und die Gleichlaufzeichen reichen bis 100 Prozent. Dadurch ergibt sich gleichzeitig eine „Schwarztastung" des Bildes im Moment des Zeilen- bzw. Rasterwechsels. Der unterschiedliche Pegel vom eigentlichen Bildsignal und Gleichlaufzeichen ermöglicht mit relativ geringem Aufwand eine gute Trennung der Gleichlaufimpulse vom Bildinhalt.

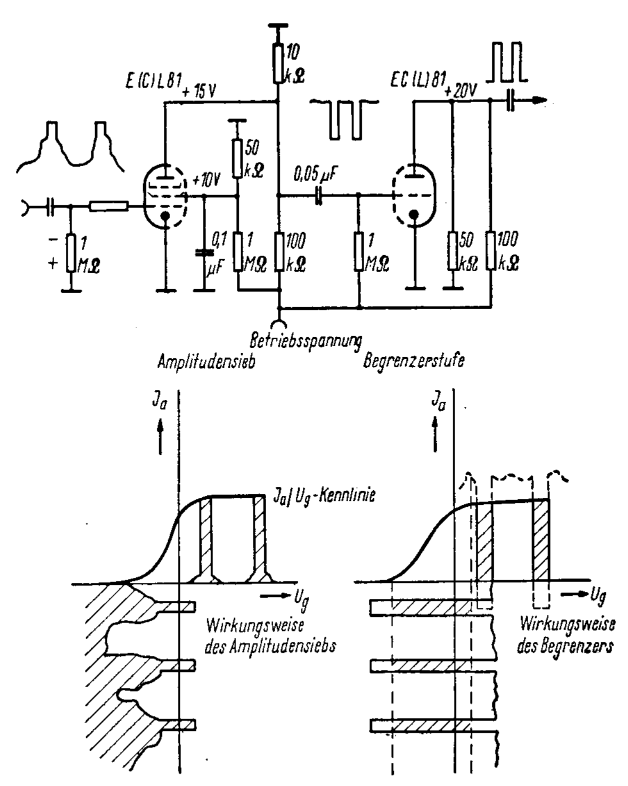


Bild 33. Schaltung und Wirkungsweise des Amplitudensiebes und der Begrenzerstufe

Die mit dem Bildsignal dem Hochfrequenzträger aufmodulierten Gleichlaufimpulse werden in der HF-Vorstufe und den ZF-Stufen verstärkt. Anschließend erfolgt ihre Demodulation im Bildgleichrichter und eine Verstärkung im Bildverstärker. Über die Korrekturdrossel Dr 105, den Widerstand W 161, W 401, den Kondensator C 402 und die RC-Kombination C 403/W 404 liegt das demodulierte und verstärkte Signalgemisch am Gitter der als Amplitudensieb arbeitenden Hälfte der Röhre 401 an.

Das Netzwerk, bestehend aus den Widerständen W 401, W 402 und den Kondensatoren C 401, C 402, bewirkt in Verbindung mit der Germaniumdiode Gr 401 (sogenannte Clipperdiode) eine Begrenzung kurzzeitig einfallender Störspitzen (z. B. Störungen durch Zündfunken). Die am Steuergitter des ersten Röhrensystems der Röhre 401 anliegenden positiven Gleichlaufimpulse rufen einen über den Widerstand W 403 abfließenden Gitterstrom hervor und erzeugen damit automatisch eine negative Gittervorspannung von etwa – 4 V. Das eigentliche, den Bildinhalt ausmachende Bildsignal liegt nun in seinem Pegel so niedrig, daß infolge der negativen Gittervorspannung die Röhre nicht geöffnet werden kann und damit der Bildinhalt nicht zur Anode gelangt. Erst die im Pegel größeren Gleichlaufimpulse vermögen die Röhre auszusteuern und können dadurch, um 180° phasenverschoben, am Arbeitswiderstand W 409 abgenommen werden.

Für eine einwandfreie Trennung der Gleichlaufimpulse vom Bildinhalt ist ein kurzer geradliniger Teil der I_a/U_g-Kennlinie notwendig (Bild 33). Um in ihrer Amplitude sehr gleichmäßige Impulse zu erhalten, folgt auf das Amplitudensieb eine Begrenzerstufe (zweites Triodensystem der Röhre 401).

An die Begrenzerstufe schließt sich ein aus Widerständen und Kondensatoren bestehendes Netzwerk zur Trennung der Zeilenwechselimpulse von den Rasterwechselimpulsen an. Beide Impulsarten unterscheiden sich durch ihre verschiedene Impulsdauer; das ermöglicht ihre Trennung durch RC-Glieder.

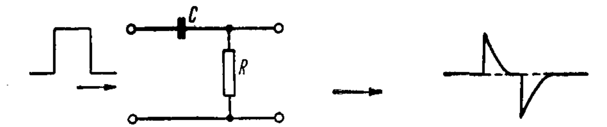


Bild 34. Impulsumformung durch ein RC-Glied

Legt man an ein im Bild 34 gezeigtes RC-Glied einen positiven Impuls, so läßt sich am Ausgang ein positiver und negativer Impuls abnehmen. Der positive Impuls entsteht hierbei durch die Vorderflanke, der negative Impuls durch die Rückflanke des angelegten Impulses (Voraussetzung ist dafür allerdings eine entsprechende Bemessung des RC-Gliedes, doch würde diese Erläuterung den Rahmen der vorliegenden Broschüre überschreiten).

Gelangt ein gleichartiger positiver Impuls an das im Bild 35 gezeigte RC-Glied, so tritt auch hier eine Verformung auf, und der am Ausgang dieses RC-Gliedes zur Verfügung stehende Impuls besitzt eine Vorderflanke, die der Ladekurve, und eine Rückflanke, die der Ladekurve des Kondensators entspricht. Folgt bei dieser Anordnung der nächste Impuls am Eingang, wenn der Kondensator noch nicht wieder entladen ist, so steigt die Aufladung weiter.

Diese Erscheinungen an verschiedenartig aufgebauten RC-Gliedern nutzt die Fernsehtechnik für die Trennung beider Impulsarten. Die im Amplitudensieb vom Bildinhalt getrennten Gleichlaufimpulse liegen an den gezeigten RC-Gliedern an (Bild 33) und rufen hier unterschiedliche Wirkungen hervor. Die an dem zuerst

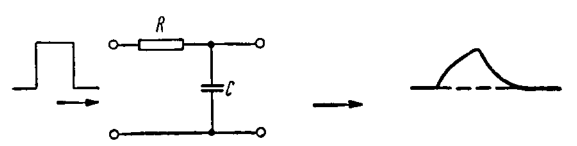


Bild 35. Impulsumformung durch ein RC-Glied

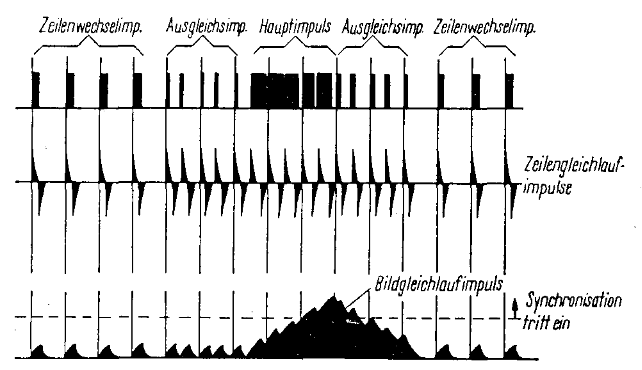


Bild 36. Die Trennung der beiden Impulsarten

angeführten RC-Glied anliegenden Zeilenwechsel-, Ausgleichs- und Hauptimpulse erzeugen mit ihrer Vorderflanke jeweils einen positiven Impuls, der den Gleichlauf des Zeilenablenkteils erzwingt. Würde der Hauptimpuls nur aus einem langen Impuls bestehen, so würde das Zeilenablenkteil für die Dauer seiner Übertragung keine Gleichlaufzeichen erhalten. Der Hauptimpuls wird deshalb in fünf Einzelimpulse unterteilt, die so auch während des Rasterwechsels die Synchronisation (Gleichlauf) des Zeilenablenkteils gewährleisten. Die durch den zweiten und vierten Ausgleichimpuls entstehenden positiven Impulse in der Zeilenmitte haben, ebenso wie die entstehenden negativen Impulse, auf die Arbeitsweise des Zeilenablenkteils keinen Einfluß.

Betrachten wir in diesem Zusammenhang die Vorgänge an dem zweiten genannten RC-Glied (Bild 35). Die anliegenden Zeilenwechselimpulse bedingen eine kurzzeitige und damit geringe Aufladung des Kondensators. Die gleiche Wirkung rufen die ankommenden Ausgleichsimpulse hervor. Das Einwirken der längeren Hauptimpulse und ihr rasches Aufeinanderfolgen verhindern eine Entladung des Kondensators zwischen zwei folgenden Impulsen, er lädt sich immer mehr auf.

Nach dem Überschreiten einer gewissen Grenze erfolgt durch die entstehende hohe Ladespannung die Synchronisation des Bildablenkteils. Nach der Übertragung der Hauptimpulse entlädt sich dann wieder der Kondensator, und die ursprünglichen Verhältnisse bleiben bis zum erneuten Eintreffen der Hauptimpulse erhalten (Bild 36). Im angegebenen Schaltbild (s. Klapptafel) übernimmt die Kombination W 412 / C 409 die Bildung der Rastergleichlaufzeichen und die Kombination C 602 / C 603 / W 607 die Bildung der Zeilengleichlaufimpulse.
Auf das beschriebene Netzwerk zur Trennung beider Impulsarten folgt die Bildablenkstufe und die Zeilenablenkstufe.
Die Bildablenkstufe besteht aus dem Bildsperrschwinger (Triodensystem der Röhre 501) und dem Bildablenkerverstärker (Pentodensystem der Röhre 501). Durch überkritische Rückkopplung im Bildsperrschwingertrafo entsteht am Ausgang des Bildsperrschwingers eine Sägezahnspannung. Die Frequenzänderung des Schwingvorgangs (Bildfrequenzregelung) wird durch Ändern des Gitterableitwiderstandes (Regelwiderstand W 503) vorgenommen. Gleichfalls liegen die Rasterwechselimpulse über die eine Wicklung des Sperrschwingertrafos am Gitter der Sperrschwingerröhre. Das Eintreffen dieser Gleichlaufimpulse bewirkt das Abkippen des Spannungsverlaufes zum richtigen Zeitpunkt und damit den Gleichlauf des Bildablenkteils.
Die im Bildsperrschwinger erzeugte Sägezahnspannung gelangt über C 503 und W 509 zum Steuergitter der Bildablenkendröhre. Eine regelbare Gegenkopplung, bestehend aus C 504 / C 505 / W 501 (Einstellregler) / W 511 / W 512 (Einstellregler), verzerrt die Sägezahnspannung so, daß die im Bildausgangsübertrager entstehenden Unlinearitäten kompensiert werden. Die beiden Einstellregler ermöglichen die Einstellung der richtigen Bildlinearität. Der zwischen Endröhre und Bildablenkspule geschaltete Bildausgangsübertrager paßt die niederohmigen Bildablenkspulen den Betriebs-

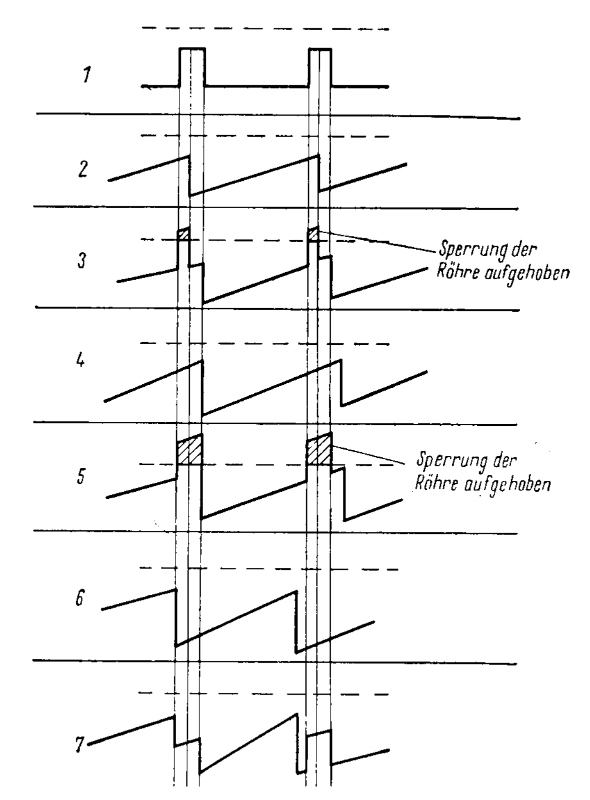


Bild 37. Die Wirkungsweise der Phasenvergleichsschaltung. 1 ankommende Gleichlaufzeichen (überschreiten die Sperrspannung — gestrichelte Linie — nicht); 2 zurückgeführte Kippspannung bei Synchronisation-Gleichlauf (überschreiten die Sperrspannung der Röhre nicht); 3 Summenspannung, die sich aus der Addition der unter 1 und 2 genannten Spannungen ergibt; 4 verschobene Kippspannung (Frequenz des Zeilensperrschwingers zu niedrig); 5 Summenspannung aus 4 und 1; 6 verschobene Kippspannung (Frequenz des Zeilensperrschwingers zu hoch); 7 Summenspannung aus 1 und 6

werten der Röhre an und entspricht etwa dem Tonausgangsübertrager zwischen Tonendstufe und Lautsprecher. Die beim Rasterwechsel im Ablenksystem auftretenden Stromstöße induzieren in der Primärwicklung des Bildausgangsübertragers schädliche Spannungsspitzen bis zu 750 V. Der parallel zur Primärwicklung geschaltete Halbleiterwiderstand (Varistor, W 514) macht diese unschädlich.

Über den Widerstand W 510 und den Kondensator C 620 liegt am Wehneltzylinder im Moment des Rasterwechsels ein negativer Impuls an. Er unterdrückt für die Dauer des Rasterwechsels den Elektronenaustritt und führt damit zur Dunkelsteuerung der Bildröhre für die Zeit des Rasterwechsels. Die Bildgröße läßt sich durch Ändern der Anodenspannung der Bildsperrschwingerröhre (Regelwiderstand W 506) und damit durch Ändern der Amplitude der Kippspannung einstellen.

Wenden wir uns zum Schluß dieses Abschnittes dem Zeilenablenkteil zu. Die vom Amplitudensieb über das impulstrennende Netzwerk kommenden Zeilensynchronisierimpulse werden dem Gitter der Phasenvergleichsröhre (erstes Triodensystem der Röhre 601) zugeführt. Gleichzeitig koppelt man über W 603 und C 603 die von der Anode der Zeilensperrschwingerröhre (zweites Triodensystem der Röhre 601) abgehende Kippspannung auf das Gitter. Durch die Widerstände W 609 und W 610 im Katodenkreis entsteht am Gitter eine negative Vorspannung (Sperrspannung) solcher Größe, daß die anliegenden Zeilenwechselimpulse und die zurückgeführte Kippspannung allein nicht die Sperrung der Röhre aufheben können. Erst das annähernd zeitliche Aufeinanderfallen von Zeilenwechselimpuls und dem Höchstwert der zurückgeführten Kippspannung ergibt eine positive Summenspannung, die die Röhre kurzzeitig öffnet (Bild 37). Die genaue Dauer des Stromflusses durch die Röhre hängt von der Lage des Höchstwertes der Kippspannung zum Zeilenwechselimpuls ab. Liegt der Zeilenwechselimpuls kurz vor dem Erreichen des Höchstwertes, d. h., ist die

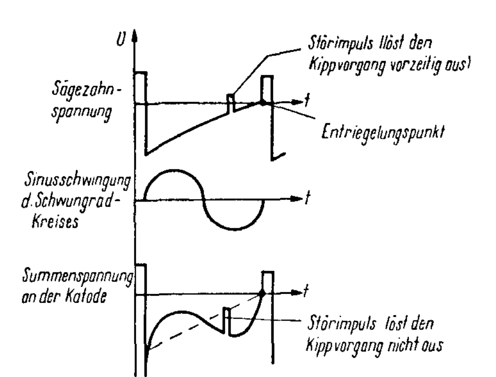


Bild 38. Wirkung des Schwungradkreises

Frequenz des Sperrschwingers zu niedrig, so wird die Vergleichsröhre länger geöffnet, als wenn der Zeilenwechselimpuls erst einfällt, wenn der Höchstwert der Kippspannung nahezu überschritten ist, d. h. die Frequenz des Sperrschwingers zu hoch liegt.
Der unterschiedliche Stromfluß, genauer gesagt, das Fließen unterschiedlicher Strommengen durch die Vergleichsröhre, ergibt durch verschieden große Aufladung der Kondensatoren C 605 und C 606 eine Steuerspannung wechselnder Größe, die über W 606 dem Gitter der Sperrschwingerröhre zugeführt wird und die Frequenz des Sperrschwingers so beeinflußt, daß der Gleichlauf gewährleistet ist.
Der Aufbau des Zeilensperrschwingers unterscheidet sich etwas von dem des Bildsperrschwingers. An die Stelle des Sperrschwingertrafos im Bildsperrschwinger tritt infolge der höheren Kippfrequenz beim Zeilensperrschwinger die angezapfte Spule Sp 610. Die beiden Wicklungen der Spule liegen einmal zwischen Gitter und Katode und zum anderen zwischen Masse und Katode der Sperrschwingerröhre. Die Sperrschwingerschaltung entspricht somit einem induktiven Dreipunktoszillator in Anodenbasisschaltung mit extrem fester Rückkopplung. Zur weiteren Frequenzstabilisierung des Zeilensperrschwingers liegt in der Katodenleitung

ein Sperrkreis, hier Schwungradkreis genannt, der eine Resonanzfrequenz von etwa 18,5 kMHz besitzt. Die Sinusschwingung des Schwungradkreises (Bild 38) überlagert sich der im Katodenkreis vorhandenen Kippspannung, wodurch eine steile Flanke zum Entriegelungspunkt des Sperrschwingers hin erreicht wird, der Einsatz des Kippvorgangs somit genau definiert ist. Störungen, hervorgerufen durch Netzschwankungen und einfallende Störimpulse, werden hierdurch weitgehend ausgeschlossen.

Die Frequenz des Zeilensperrschwingers muß erst manuell in den Fangbereich der Synchronisation gebracht werden, d. h., das annähernd zeitliche Aufeinanderfallen von Zeilenwechselimpuls und Höchstwert der Kippspannung muß erreicht werden, bevor die automatische Regelung der Zeilenfrequenz und damit der Gleichlauf erzwungen wird. Die Anodenspannung der Vergleichsröhre läßt sich mit dem Regelwiderstand W 601 ändern. Das bedingt eine Änderung des Stromflusses durch die Röhre und ergibt nach dem schon beschriebenen Prinzip die Änderung der Kippfrequenz des Zeilensperrschwingers.

An den Zeilensperrschwinger schließt sich die Zeilenablenkendstufe an. Über den Koppelkondensator C 610 und den Widerstand W 614, der zur Unterdrückung wilder Schwingungen dient, liegt die Kippspannung am Steuergitter der Röhre 602 an. Die Amplitude der an das Gitter geführten Kippschwingungen ist dabei so groß, daß zeitweise ein Gitterstrom fließt. Der dabei über den Widerstand W 615 entstehende Spannungsabfall ergibt eine negative Gittervorspannung von etwa -25 V.

Die Wirkungsweise der Röhre 602 in Verbindung mit dem Zeilentransformator läßt sich am besten mit einem elektrisch gesteuerten Schalter vergleichen, der durch die anliegenden Kippschwingungen betätigt wird und somit den Stromfluß durch die in Reihe geschaltete Induktivität sperrt oder freigibt.

Konnten die Bildablenkspulen bei der relativ niedrigen Rasterwechselfrequenz in guter Näherung als rein

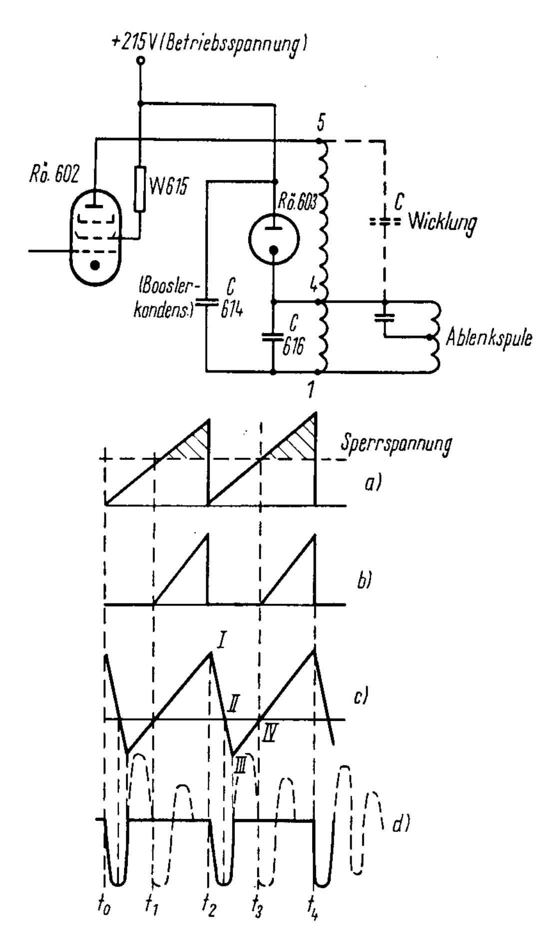


Bild 39. Prinzipschaltung einer Zeilenablenkstufe (oben) und Angabe der auftretenden Spannungen und Ströme (unten). a) Spannungsverlauf am Steuergitter der Röhre 602; b) Stromfluß durch die Röhre 602; c) Stromfluß in der Wicklung; d) Spannung über der Wicklung

Ohmsche Widerstände betrachtet werden, so stellen die Zeilenablenkspulen für die wesentlich höhere Zeilenfrequenz (15 625 Hz) einen überwiegend induktiven Widerstand dar. Unter Berücksichtigung der Wicklungskapazitäten ergibt der Komplex Ablenkspulen, Übertragerwicklung, C 616 und Wicklungskapazität ein schwingfähiges Gebilde, dessen Eigenfrequenz bei etwa 50 kHz liegt.

Bild 39 zeigt die vereinfacht dargestellte Zeilenablenkendstufe, um das Prinzip klar zu erläutern.

Beginnen wir mit dem Zeitpunkt t_0. Die Kippspannung am Steuergitter der Röhre 602 steigt langsam an und erreicht zum Zeitpunkt t_1 eine solche Größe, daß die Röhre 602 geöffnet wird. Durch die Röhre, die Wicklung 4 ··· 5 und die Boosterdiode (Röhre 603) fließt ein annähernd linear ansteigender Strom. Das hierdurch um die Wicklung 4 ··· 5 entstehende Magnetfeld induziert in der Wicklung 1 ··· 4 eine Spannung, die über die Boosterdiode an dem Boosterkondensator C 614 anliegt und diesen auflädt.

Zum Zeitpunkt t_2 verringert sich sprunghaft die am Steuergitter der Röhre 602 anliegende Kippspannung; die Röhre wird gesperrt. Jetzt beginnt die Schwingfähigkeit des obengenannten Komplexes zu wirken. Das um die Wicklung 4 ··· 5 aufgebaute Magnetfeld bricht zusammen. In der Wicklung wird dadurch eine Spannungsspitze mit Werten bis zu 3 kV in entgegengesetzter Polarisation induziert, der Strom in der Spule fließt in umgekehrter Richtung (Zeitpunkt I bis II). Gleichzeitig erhält die Anode der Boosterdiode durch die auftretende Spannungsspitze gegenüber ihrer Katode ein negatives Potential, die Boosterdiode ist gesperrt und damit die Zeilenablenkendstufe von der Betriebsspannung getrennt. Die Energie des zusammenbrechenden Magnetfeldes wandelt sich in Energie des elektrischen Feldes um (die auftretende Spannungsspitze lädt die im Schwingkreis vorhandenen Kapazitäten auf). Dieser Zustand bleibt jedoch nicht erhalten (Schwingungsvorgang — ständiges Pendeln zwischen dem Zustand Aufladung der Kreiskapazität und Ab-

bau des Magnetfeldes bzw. Entladung der Kreiskapazität und Aufbau des Magnetfeldes). Die über der Kapazität anliegende Spannung treibt somit erneut einen Strom durch die Wicklung (Zeitdauer II bis III). Die Spannung über der Kapazität erreicht wieder ihren Ausgangswert, das um die Wicklung aufgebaute Magnetfeld hat bei III seine größte Feldstärke. Eigentlich müßte sich nun, wie auch die gestrichelte Linie andeutet, der Schwingungsvorgang nach der entgegengesetzten Richtung fortsetzen, d. h., das erneut zusammenbrechende Magnetfeld würde eine Spannungspitze entgegengesetzter Polarität erzeugen. Hierdurch wird aber die Sperrung der Boosterdiode aufgehoben. Dadurch liegt der Boosterkondensator über die Boosterdiode parallel zur Wicklung 1 ··· 4. Die relativ große Kapazität des Boosterkondensators führt zu einer enormen Verringerung der Resonanzfrequenz. Das über der Wicklung aufgebaute Magnetfeld bricht nur langsam zusammen. Die dabei frei werdende Energie treibt den Strom zwischen III und IV und lädt den Boosterkondensator auf. Zum Zeitpunkt IV (t_3), entspricht dem Zeitpunkt t_1, wird die Röhre 602 durch die am Steuergitter anliegende Kippspannung erneut geöffnet, und der beschriebene Vorgang wiederholt sich.

Dem gesamten Komplex der Zeilenablenkendstufe wird somit nur kurzzeitig zwischen den Zeitpunkten t_1/t_2, t_3/t_4 usw. Energie von außen zugeführt, um auftretende Verluste zu decken. Diese Verluste entstehen durch Ohmsche Belastungen (Wirkwiderstände, rufen eine Erwärmung hervor) und dadurch, daß von der Zeilenablenkendstufe noch Spannungen und Ströme für andere Stufen im Fernsehgerät entnommen werden (Schirmgitterspannung für die letzte ZF-Stufe, Spannung für das zweite Gitter der Bildröhre, Hochspannungsgewinnung für die Bildröhre usw.). Ohne diese Verluste wäre es im Idealfall möglich, ohne äußere Energiezufuhr auszukommen, da das über der Wicklung und den Ablenkspulen auf- und abgebaute Magnetfeld die Strahlablenkung bewirkt.

Die über dem Boosterkondensator anliegende Spannung addiert sich zur Betriebsspannung, weshalb in der Zeilenablenkendstufe Spannungen von 600 bis 650 V auftreten (Boosterspannung). Diese hohe Spannung gelangt über den Spannungsteiler W 620 / W 621 zum Gitter$_2$ der Bildröhre. Weiterhin dient sie, wie schon in Abschnitt 3.22 beschrieben, als Schirmgitterspannung für die letzte ZF-Stufe. Von einer gesonderten Wicklung 10 ··· 11 werden die im Moment des Zeilenrücklaufes auftretenden Spannungsspitzen abgenommen (mit negativer Polarität) und auf den Wehneltzylinder der Bildröhre zur Dunkeltastung des Zeilenrücklaufes gegeben.

Auf dem Zeilentrafo (Horizontal-Ausgangs-Übertrager) befindet sich ebenfalls die aus über tausend Windungen bestehende Hochspannungswicklung 6 ··· 7. Die während des Zeilenrücklaufes entstehende Spannungsspitze (Zeitpunkt I bis III) von etwa 3 kV wird in dieser Wicklung auf etwa 15 kV transformiert und in der Röhre 604 gleichgerichtet. Die so erhaltene pulsierende Gleichspannung von etwa 12 kV dient als Anodenspannung für die Bildröhre. Geglättet wird diese Spannung durch den aus Bildröhreninnenbelag und -außenbelag gebildeten Kondensator, dessen Kapazität für die hohe Frequenz (Zeilenfrequenz!) ausreichend ist. Die Heizspannung für die Röhre 604 wird, um Isolationsschwierigkeiten zu vermeiden, mit aus dem Zeilentrafo entnommen (in der Praxis genügt eine Drahtschleife, die um den Maniferkern des Zeilentrafos gelegt ist).

Die Ablenkspule liegt an einer Anzapfung des Zeilentrafos (3) und besteht aus zwei Einzelspulen. Sie sind aus verhältnismäßig dickem Draht gewickelt und stellen somit für die sie durchfließenden hohen Stromstöße nur einen geringen Ohmschen Widerstand dar. Durch C 616 wird eine Ablenkspule so abgeglichen, daß die im Ablenksystem entstehenden Eigenschwingungen ohne Einfluß auf den gesamten schwingfähigen Komplex der Ablenkendstufe bleiben.

Die Bildgrößenregelung (Ablenkamplitude in Zeilen-

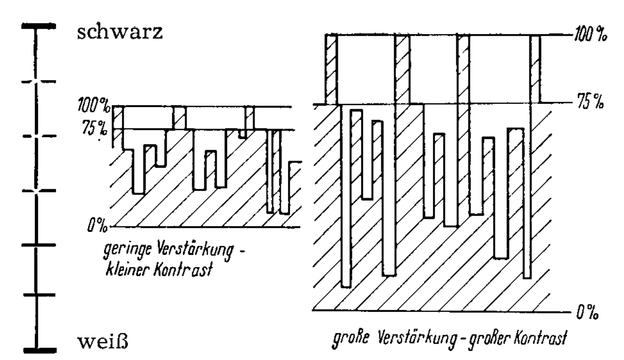


Bild 40. Abhängigkeit des Bildkontrastes von der Verstärkung

richtung, also Einstellung der Bildbreite) erfolgt durch Ändern des Induktivitätsverhältnisses der Spule 614, was einem Anschluß der Ablenkspulen an verschiedene Anzapfungen des Zeilentrafos gleichkommt.
Das Einstellen der Bildlinearität in Zeilenrichtung geschieht durch Verändern der Induktivität von Spule 613.

3.25 Getastete Regelung

Für den Kontrastumfang des Fernsehbildes ist die Verstärkung in der HF-Vorstufe und im ZF-Verstärker maßgebend (Bild 40). Der einmal mit dem Kontrastregler eingestellte Kontrastumfang soll trotz eventuell schwankender Feldstärke am Empfangsort über einen langen Zeitabschnitt erhalten bleiben. Aus diesem Grund erfolgt neben der Verstärkungsregelung von Hand (Einstellen des Kontrastes mit dem Kontrastregler) eine automatische Verstärkungsregelung.
Das Gitter des ersten Triodensystems der Röhre 301 sowie die Steuergitter der Röhren 101 und 102 erhalten eine veränderliche negative Vorspannung, die meistens in einer gesondert aufgebauten Taststufe erzeugt wird. Bei dem als Beispiel gewählten Gerät dient das Triodensystem der Röhre 104 als Taströhre.

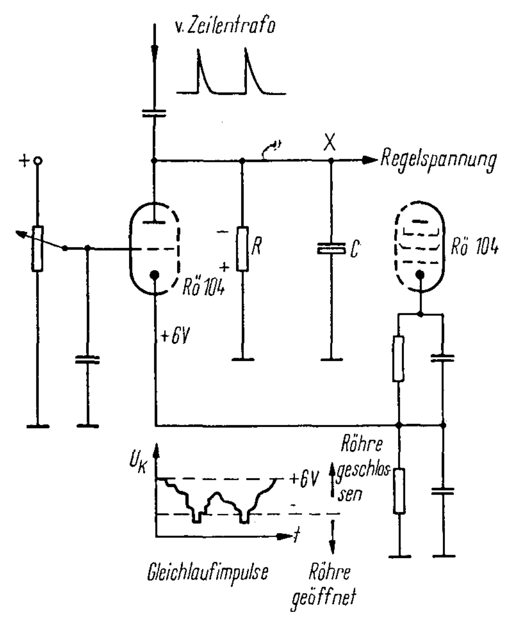


Bild 41. Schaltungsprinzip einer Taststufe

Bild 41 zeigt die schematische Schaltung einer Taststufe. An der Katode der Taströhre liegt eine Gleichspannung von etwa + 6 V an. Dieser Gleichspannung ist das Bildsignal überlagert. Das Gitter erhält gegenüber der Katode ein solch großes negatives Potential, d. h. eine Spannung, die kleiner als + 6 V ist, daß erst im Moment der Übertragung der Gleichlaufimpulse die Röhre geöffnet wird. Bei Gleichlauf der Zeilenablenkstufe tritt zum gleichen Zeitpunkt die Spannungsspitze über den Kondensator C 617 an der Anode der Taströhre auf, und der kurzzeitig durch die Röhre fließende Strom ruft über R einen Spannungsabfall hervor. Der Kondensator C glättet die über R entstehende Spannung, und bei X kann eine negative Spannung ent-

nommen werden. Die Größe der entstandenen Spannung ist von dem fließenden Strom abhängig, läßt sich somit durch Ändern der Gittervorspannung der Taströhre von Hand (Kontrastregler) regeln. Fallen die an der Katode anliegenden Bildsignale schwächer ein, so verringert sich der Stromfluß durch die Taströhre, die entstehende negative Spannung wird kleiner und die Verstärkung in den geregelten Stufen größer. Der Ausgangszustand ist wiederhergestellt.
Die so aufgebaute Regelschaltung (getastete Regelung, da nur die Spannungsspitzen und Gleichlaufimpulse die Taströhre „auftasten") hat den Vorteil, daß die Regelspannung nur von den immer mit 100 Prozent des Sendepegels einfallenden Gleichlaufzeichen abhängig ist und der Helligkeitsumfang des Bildes nicht einwirkt. Außerdem arbeitet die Taströhre nur während der kurzen Zeit der Übertragung der Gleichlaufimpulse, weshalb sie nicht störanfällig ist, da es unwahrscheinlich ist, daß Störungen gerade in diesem Moment auftreten.
Um bei schwächer einfallendem Sender die Regelung der HF-Vorstufe abzuschalten, da die Regelung in jedem Falle einen geringen Verstärkungsverlust ergibt, wird eine Verzögerungsdiode (Diodenstrecke der Röhre 202) eingebaut, die über W 108 gering positiv vorgespannt ist. Die Regelung der HF-Vorstufe kann also erst dann einsetzen, wenn die positive Vorspannung der Diode überwunden ist, d. h. die Regelspannung einen größeren Wert und damit das einfallende Signal eine größere Stärke besitzt.

3.26 Stromversorgung im Fernsehempfänger

In einem Teil der Fernsehempfänger ähnelt der Aufbau des Stromversorgungsteils weitgehend dem des Rundfunkempfängers. Ein Netztransformator liefert die notwendige Heizspannung (6,3 V bei etwa 10 A!) und Anodenspannung für die Röhren (etwa 200 V bei

350 mA). Aus diesen Angaben ist zu erkennen, daß der Netztrafo eine beachtliche Leistung übertragen muß und seine Dimensionen und sein Gewicht nicht unbedeutend sind. Recht unangenehm wirkt das vom Netztrafo ausgehende Störfeld, das zu unliebsamen Bildstörungen führen kann (von der Wirkung eines solchen Störfeldes auf die Bildröhre kann man sich leicht überzeugen, indem ein kräftiger Magnet vor den Bildschirm gehalten wird). Die Anwendung eines Netztrafos ist also nicht ideal, weshalb Netzteile in dieser Ausführung hauptsächlich nur in Exportgeräten enthalten sind, um den Anschluß an die unterschiedlichen Netzspannungen zu ermöglichen.
Es kann aber auch nur die Heizspannung einem Netztrafo (Heiztrafo) entnommen werden, während die Anodenspannung durch Gleichrichtung direkt aus der Netzspannung gewonnen wird. Auch diese Ausführung ermöglicht den Anschluß an unterschiedliche Netzspannungen. Bei einer Netzspannung von z. B. 110 V wirkt dann die Primärwicklung des Netztrafos als Autotrafo und erzeugt eine Wechselspannung von 220 V. Der Nachteil dieser Schaltungsmethode und auch der folgenden ist in der galvanischen Verbindung vom Chassis mit einem Pol des Netzes zu sehen.
Heute wird sehr häufig, wie im Beispiel angeführt, auf einen Netztrafo verzichtet. Die Anodenspannung wird durch Gleichrichtung direkt aus dem Netz gewonnen, alle Heizfäden der Röhren arbeiten mit einem Strom von 300 mA und sind in Reihe geschaltet. Auf diese Weise ergibt sich über alle Heizfäden ein Spannungsabfall von 140 V. Die restliche Spannung (80 V) fällt ab über dem Vorwiderstand W 2 (50 V) und dem Heißleiter W 3 (30 V).
Der Heißleiter besitzt im kalten Zustand einen hohen Widerstand und fängt den für die Röhren schädlichen Einschaltstromstoß dadurch ab. Nach und nach erwärmt der durch den Heißleiter fließende Strom das Material, sein Widerstand sinkt mit zunehmender Erwärmung auf einen geringen Wert. Der Fernsehempfänger ist betriebsfähig. Aus dieser Wirkung des Heißleiters er-

klärt sich der Hinweis, daß die mit ihm bestückten Geräte nach dem Ausschalten etwa 5 bis 10 Minuten abgeschaltet bleiben müssen. In dieser Zeit kühlt der Heißleiter ab, anderenfalls hat er keine Wirkung.
Die Reihenfolge der Hintereinanderschaltung der Heizfäden der verschiedenen Röhren ist nicht beliebig. Brummanfällige Röhren (Ratiodetektor, NF-Verstärker), aber auch Röhren, die untereinander gut entkoppelt werden müssen, sollen möglichst am „kalten" Ende der Reihenschaltung liegen. Außerdem ist auf eine ausreichende Entblockung der Röhren untereinander durch Drosseln und Kondensatoren (keramische Röhrchen- oder Scheibenkondensatoren, keinesfalls Wickelkondensatoren mit Kunstfolie als Dielektrikum!) zu sorgen.
Die Drosseln 3 und 4 in der Netzzuleitung dienen in Verbindung mit dem Kondensator C 1 als Störschutz. Sie sollen ein Abfließen der Zeilenfrequenz ins Netz verhindern. Über einen Schutzwiderstand W 1 (begrenzt den Ladestromstoß beim Einschalten) liegt der Gleichrichter am Netz. Eine ausreichend dimensionierte Siebkette liefert die notwendigen geglätteten Gleichspannungen. Beachtenswert ist das nochmalige Sieben jeder einzelnen Spannung. Durch diese Maßnahme wird ein Koppeln der einzelnen Stufen über den Netzteil vermieden.

3.27 Schlußbemerkungen zu Abschnitt 3

In den vorangegangenen Betrachtungen wurden die Baugruppen eines Fernsehempfängers am Beispiel des Fernsehgerätes „Patriot" (VEB RAFENA) besprochen. Diese Baugruppen sind in ähnlicher Form in jedem Fernsehempfänger zu finden. Auf Einzelheiten und Besonderheiten dieser Geräte kann aber in dieser einführenden Broschüre nicht eingegangen werden. Das Literaturverzeichnis bringt eine Auswahl der Bücher und Zeitschriftenaufsätze, die für ein umfassenderes

Studium geeignet sind und Anleitung zum eigenen praktischen Arbeiten geben. Gleichzeitig ist es günstig, wenn dieses oder jenes Problem im Kollektiv einer Ausbildungsgruppe der Gesellschaft für Sport und Technik behandelt wird. Durch die Mitarbeit in den nachrichtentechnischen Ausbildungsgruppen ergibt sich dann auch die Möglichkeit zu eigener praktischer Arbeit auf diesem interessanten Gebiet.

4. HINWEISE FÜR DEN BETRIEB EINES FERNSEHGERÄTES

4.1 Aufstellen und Bedienen

Das menschliche Auge kann Einzelheiten erst dann erfassen, wenn sie unter einem Blickwinkel $> 1{,}5$ Bogenminuten erscheinen. Beim Betrachten des Fernsehbildes soll deshalb der Abstand vom Betrachter zum Bildschirm so groß sein, daß die Höhe einer Zeile für den Betrachter unter einem kleineren Blickwinkel als 1,5 Bogenminuten erscheint. Diese Forderung ist erst dann erfüllt, wenn der Abstand vom Betrachter zum Bildschirm die siebeneinhalb- bis achtfache Bildhöhe beträgt. Beim Einhalten dieser Entfernung wird die Zeilenstruktur des Bildes nicht mehr wahrgenommen. Von seiner Anpassungsfähigkeit abgesehen, kann das Auge etwa einen Kontrastumfang von 1 zu 1000 verarbeiten. Im Vergleich dazu besitzt zum Beispiel eine kontrastreiche Schwarzweiß-Photographie ungefähr einen Kontrastumfang von 1 zu 40. Eine Bildröhre ohne Metallhinterlegung (dünne Aluminiumhaut auf den Leuchtkristallen, siehe Seite 23) erreicht etwa das gleiche Verhältnis. Mit Metallhinterlegung kann der Kontrastumfang bis auf 1 zu 150 gesteigert werden und kommt dann den Verhältnissen im Lichtspieltheater nahe.

Den Kontrastumfang, den unser Auge verarbeiten kann, erreicht also das Fernsehbild bei weitem nicht. Der Kontrast des Fernsehbildes läßt sich deshalb nicht beliebig steigern, weil die dunkelsten Stellen im Bild die im Raum herrschende Helligkeit annehmen, wodurch nach der einen Seite der Kontraststeigerung eine Grenze gesetzt wird. Die Helligkeit der hellsten Stellen im Bild läßt sich gleichfalls nicht beliebig steigern. Die Grenze dafür wird einmal durch das bei zu großer Helligkeit auftretende Flimmern gegeben, zum an-

deren stellt der maximal mögliche Strahlstrom eine Grenze für die Helligkeit dar.

Das Zimmer zur weiteren Steigerung des Kontrastes zu verdunkeln, wäre eine falsche Maßnahme. Warum? Im Lichtspieltheater z. B. erscheint das Bild unter einem wesentlich größeren Blickwinkel als beim Fernsehen. Das Auge kann sich deshalb im Kino viel besser der Helligkeit des großflächigen Bildes anpassen. Anders beim Fernsehen. Das Auge paßt sich hier weniger der Helligkeit des unter einem kleineren Blickwinkel erscheinenden Fernsehbildes, sondern wesentlich mehr der Helligkeit bzw. Dunkelheit im Hintergrund des Gerätes an.

Wird das Fernsehbild im abgedunkelten Raum betrachtet und hat sich das Auge dem dunklen Hintergrund angepaßt, so belastet der relativ starke Lichteinfall des Bildes das Auge übermäßig. Beschwerden, die sich z. B. in Kopfschmerzen andeuten, sind die Folge.

Es ist deshalb unbedingt eine gedämpfte Raumbeleuchtung zu empfehlen. Bei Tageslicht ist keine zusätzliche Beleuchtung erforderlich. Es ist lediglich darauf zu achten, daß kein Licht unmittelbar auf den Bildschirm fällt. Zu große Helligkeit kann mit einem durchscheinenden Vorhang oder Rollo gedämpft werden.

Werden beim Einschalten der Raumbeleuchtung einige Grundsätze beachtet, so tritt nur eine unwesentliche Kontrastminderung auf. Das Licht darf keinesfalls unmittelbar oder nach einmaliger Reflexion an Wänden und großflächigen Möbeln auf den Bildschirm fallen. Lichtstrahlen, die erst nach zwei- oder mehrmaliger Reflexion zum Bildschirm gelangen, sind schon so geschwächt, daß sie nicht mehr störend wirken (Bild 42).

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die durch die Raumhelligkeit unweigerlich auftretende Kontrastminderung zu verringern oder gar zu beseitigen. Da das Störlicht auf den Bildschirm fällt und durch Reflexion zum Betrachter gelangt, während das Nutzlicht unmittelbar wahrgenommen wird, sind verschiedene Lösungen des Problems bekanntgeworden. Bei allen Verfahren wird

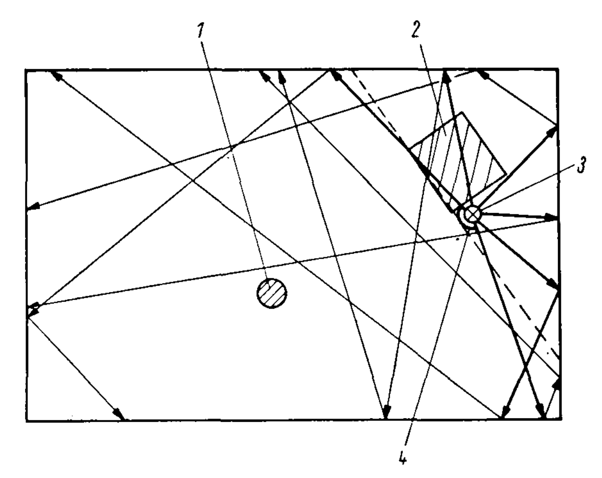


Bild 42. Beispiel für günstige Anordnung der Raumbeleuchtung beim Fernsehen. 1 Betrachter; 2 Fernsehempfänger; 3 Lampe

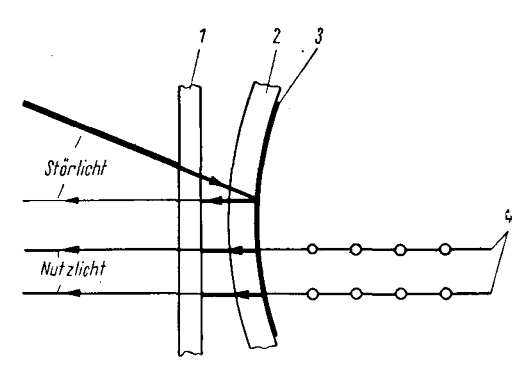


Bild 43. Die Wirkung der Grauglasscheibe. 1 Filter (Grauglasscheibe); 2 Kolben der Bildröhre; 3 Leuchtkristalle; 4 Elektronenstrahlen

zwischen Leuchtschirm und Betrachter ein Lichtfilter angebracht. Das Störlicht muß dieses Filter zweimal passieren und wird dabei erheblich mehr geschwächt als das Nutzlicht, das schon nach einmaligem Passieren zum Betrachter gelangt.
In der Praxis werden heute von den Bildröhrenherstellern teilweise die Kolbenböden der Bildröhren grau eingefärbt. Aber auch eingefärbte Schutzscheiben, die wegen der Implosionsgefahr vor jeder Bildröhre angebracht sind, finden in großem Umfang Anwendung (Bild 43).
Eine ähnliche Wirkung erzielen die vielfach angebotenen Fernsehfolien. Diese Folien haben allerdings den Nachteil, daß sie nicht nur das Stör-, sondern auch das Nutzlicht schwächen. Als Folge davon wird der Helligkeitsregler am Gerät betätigt. Eine größere Bildhelligkeit bringt aber einen erhöhten Strahlstrom mit sich. Beim Verwenden zu dichter Folien führt das zu einem beachtlichen Anstieg des Strahlstromes, die Lebensdauer der Bildröhre wird gemindert.
Brillen mit gefärbten Gläsern können bei Augenbeschwerden Anwendung finden, da sie das grelle Licht der Bildröhre herabmindern und ein einwandfreies Betrachten des Fernsehbildes ermöglichen. Diese Fernsehbrillen sind in Fachgeschäften erhältlich.
Am Fernsehempfänger sind fast immer folgende Schalter und Regler von außen zugängig (Bild 44 a, b): Ein-Aus-Schalter, kombiniert mit Lautstärkeregler, Tonblende, Bildfrequenzregler, Bildgrößenregler, Zeilenfrequenzregler, Helligkeitsregler, Kontrastregler, Kanalschalter mit Feinabstimmung.
Ein Beschädigen des Fernsehgerätes durch eine Fehleinstellung von außen zugänglicher Regler und Schalter ist nicht möglich. Zweckmäßig wird das Bild mit dem Testbild eingestellt (Bild 45).
Zum Einstellen des Lautstärkereglers und der Tonblende ist nichts zu bemerken, es entscheidet der Geschmack (und die Nachbarn!).
Durch Drehen des Kanalschalters wird der am Empfangsort benutzte Kanal eingeschaltet. Die Fein-

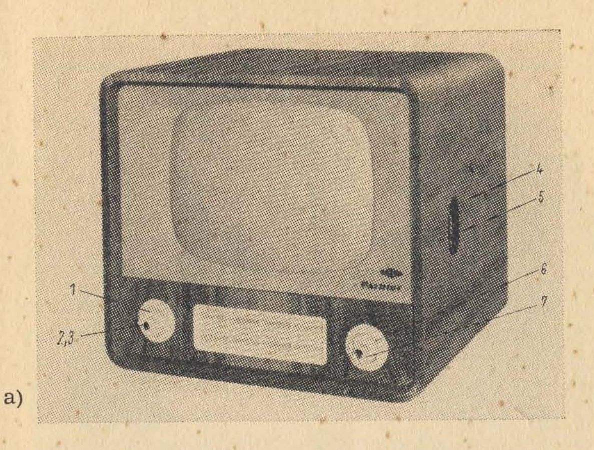
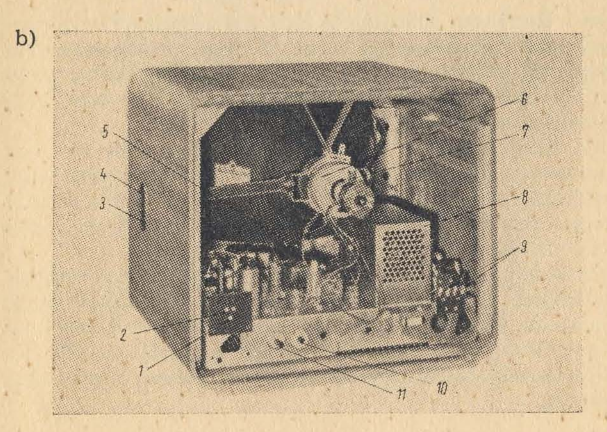


Bild 44. Die Lage der Bedienungselemente und Anschlüsse am „Patriot“. a) 1 Helligkeitsregler; 2 Ein- und Ausschalter; 3 Lautstärkeregler (kombiniert mit 2); 4 Kontrastregler; 5 Zeilenfrequenzregler; 6 Feinabstimmung; 7 Kanalwähler. b) 1 Erdbuchse; 2 Antennenanschluß (240-Ω-Bandkabel); 3 Zeilenfrequenzregler; 4 Kontrastregler; 5 Lautsprecher; 6 Ablenksystem; 7 Ionenfallenmagnet auf dem Hals der Bildröhre; 8 Schutzkäfig über dem Zeilentrafo; 9 Sicherungen; 10 Bildgrößenregler; 11 Bildfrequenzregler



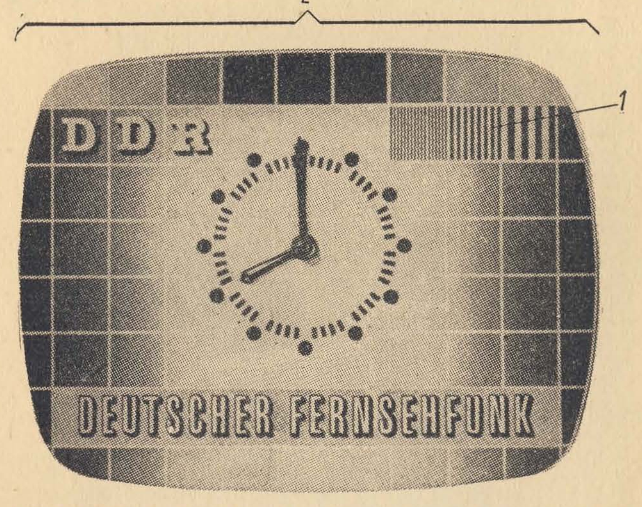


Bild 45. Testbild des Deutschen Fernsehfunks. 1 Streifen zum Erkennen der richtigen Auflösung des Bildes (richtige Feineinstellung); 2 Graustufen zur richtigen Kontrasteinstellung

einstellung des Oszillators auf die richtige Oszillatorfrequenz wird durch Drehen des entsprechenden Knopfes vorgenommen. Das Bild muß sauber und scharf, ohne Fahnen- und Plastikbildung auf dem Bildschirm erscheinen.

Der Kontrastregler wird so eingestellt, daß bei der gegebenen Raumbeleuchtung ein kontrastreiches Bild entsteht. Eine übermäßige Kontrasteinstellung ergibt keine Grauwerte im Bild (Halbschatten fehlen), das Bild erscheint kreidig.

Der Helligkeitsregler dient zum Einstellen der Grundhelligkeit. Sie richtet sich nach der Raumhelligkeit. Zu große Grundhelligkeit in Verbindung mit starkem Kontrastumfang, die das Auge ermüden und die Bildröhrenkatode unnötig belasten, sollten vermieden werden.

Läuft das Bild nach unten oder oben weg, d. h., es läuft ein etwa 1,5 cm breiter, beiderseitig scharf begrenzter dunkler Streifen durch das Bild, so ist der Bildsperrschwinger nicht im Gleichlauf. Durch Betätigen des Bildfrequenzreglers bringt man die Sperrschwingerfrequenz in den Fangbereich der Synchronisation. Ruckartig bleibt das Bild bei einwandfreiem Gleichlauf stehen. Bei zu geringer vertikaler Größe des Bildes muß der Bildgrößenregler betätigt werden. Hierdurch erhält der Bildsperrschwinger eine größere Anodenspannung, und die Ablenkamplitude wird erhöht.
Laufen durch das Bild nur schräge oder waagerechte Striche, so muß durch Betätigen des Zeilenfrequenzreglers die Frequenz des Zeilensperrschwingers in den Fangbereich der Synchronisation gebracht werden. Steht das Bild, zeigen sich aber an der Bildoberkante nach rechts gerichtete Verschiebungen, so ist der Gleichlauf sehr labil. Auch hier muß durch Betätigen des Zeilenfrequenzreglers die Sperrschwingerfrequenz etwas geändert werden, um einen einwandfreien Gleichlauf zu erzielen.

4.2 Kleines ABC der Fehlersuche

Mit diesem Abschnitt sollen einige Hinweise zur Fehlerermittlung gegeben werden. Es ist allerdings keine umfassende „Reparaturpraxis". Für die Fehlersuche sind wichtig:

1. eigene praktische Erfahrungen und damit Vergleichsmöglichkeiten,
2. systematische Fehlereinkreisung.

Die praktischen Erfahrungen lassen sich nicht durch Worte oder Bilder übermitteln. Aus diesem Grunde sind dieser Broschüre auch keine fehlerhaften Schirmbilder beigefügt, da sie den Laien meist nur verwirren. Besonderer Wert ist auf die systematische Einkreisung der fehlerhaften Baugruppe bzw. Einzelteile zu legen. In Abschnitt 3 „Schaltungstechnik moderner Fernseh-

empfänger“ wurde der Aufbau und die Wirkungsweise der einzelnen Stufen im Fernsehempfänger beschrieben. Von der Aufgabe und Funktion der einzelnen Baugruppen ausgehend, ist schon eine grobe systematische Fehlereinteilung möglich:

Kanalwähler:
verrauschtes Bild, Fehlen von Bild- und Tonsignalen, Störungen beim Betätigen des Kanalschalters (Krachen im Ton, Flackern im Bild);

ZF-Verstärker:
verzerrter Ton, Fehlen von Bild und Ton, schlechte Bildauflösung (feine Streifen im Testbild fließen zusammen), unempfindliches Gerät;

Bildendstufe:
fehlende Helligkeit, fehlendes Bild, bei Geräten mit der Auskopplung des Tonzwischenträgers nach der Bildendstufe — kein Ton);

Tonkanal:
Ton fehlt trotz vorhandenem Bild, Ton zu leise, Verzerrungen im Ton, Klirren, Brummen und Pfeifen im Ton;

Taststufe:
keine Kontrastregelung mit dem Kontrastregler möglich, verrauschtes Bild, unempfindlicher Empfänger, übersteuertes Bild (Kontrastumfang läßt sich nicht vermindern), dadurch schlechte Synchronisation und verzerrtes Bild;

Amplitudensieb:
Synchronisation unstabil, Fehlen der Synchronisation in Bild- und Zeilenrichtung;

Bildablenkstufe:
Bildablenkung fehlt, schlechte Bildlinearität, Bildgröße in vertikaler Richtung läßt sich nicht oder nur ungenügend regeln, Bildsynchronisation fehlt;

Zeilenablenkstufe:
Zeilenablenkung fehlt (kann nur am Ablenksystem liegen, da Helligkeit vorhanden ist und somit der Zeilentrafo arbeitet), fehlende Hochspannung, zu ge-

ringe Hochspannung, Bild in horizontaler Richtung zu klein, schlechte Bildlinearität, Gleichlauf in Zeilenrichtung läßt sich nicht erreichen;

Bildröhre:

unscharfes Bild, zeitweise Aussetzen der Bildhelligkeit, Bildhelligkeit fehlt völlig;

Netzteil:

Brumm im Bild (ein verwaschener, breiter dunkler Streifen läuft durch das Bild, Bild schwankt in horizontaler Richtung wellenförmig), Fehlen oder zu geringe Anoden- bzw. Heizspannung, Gleichrichter defekt (rettichartiger intensiver Geruch).

Für die genaue Fehlerermittlung sind meistens Meßgeräte und eventuell Oszillografen notwendig. Durch Vergleichen von Strömen und Spannungen mit den in den Schaltbildern angegebenen Werten und durch Vergleich der Oszillogramme läßt sich der Fehler dann auf einen kleinen Kreis der in Betracht zu ziehenden Bauteile einkreisen.

Bei auftretenden Empfangsschwierigkeiten muß unter-

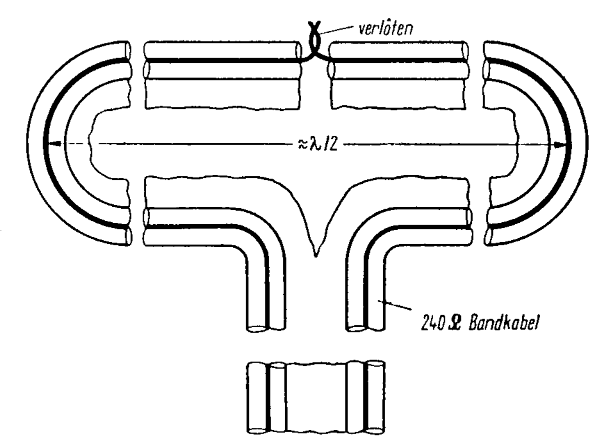


Bild 46. Herstellen eines provisorischen Dipols aus Bandkabel

sucht werden, ob die Störungsursache im Empfänger liegt oder ob sie durch die Antenne verursacht wird. So rufen z. B. gebrochene Antennenzuleitungen, schlechte Lötstellen und lockere Verbindungen unangenehme Störungen hervor, die sich durch Krachen im Ton und Flackern des Bildes bemerkbar machen. Durch Anschalten einer provisorisch errichteten Antenne (z. B. Zimmerantenne, aus aufgerissenem Bandkabel bestehend) läßt sich hierbei meist schnell erkennen, woher die Störung kommt (Bild 46).

Abschließend sei noch einmal auf die Vorsichtsmaßnahmen beim Arbeiten am Fernsehempfänger hingewiesen. Besitzt der Empfänger keinen Netztrafo mit galvanisch von der Primärwicklung getrennter Sekundärwicklung (siehe Abschnitt 3.26 „Stromversorgung im Fernsehempfänger"), so ist unbedingt zwischen Netz und Empfänger bei Reparaturarbeiten ein Trenntrafo zu schalten. Regeltransformatoren und magnetische Spannungskonstanthalter, wie sie in Abschnitt 4.3 beschrieben werden, besitzen keine galvanisch von der Primärwicklung getrennte Sekundärwicklung, können also nicht als Trenntrafo eingesetzt werden! Bei Arbeiten an der Bildröhre ist ein Gesichts- und Schlagaderschutz erforderlich!

4.3 Netzspannungsschwankungen

Abweichungen der Netzspannung von dem Sollwert sind eine Folge der Überlastung des Stromnetzes. Besonders in den Spitzenbelastungszeiten treten Unterspannungen bis herab zu 170 V auf. Im Gegensatz dazu kommt es in den Nachtstunden häufig zu Überspannungen. Abweichungen von der Sollspannung, besonders aber auftretende Unterspannungen, schaden den Heizfäden der Röhren und verkürzen ihre Lebensdauer. Daneben zeigt sich bei größeren Unterspannungen auch eine Verschlechterung der Bildqualität und der Synchronisation.

Das Verwenden eines Regeltransformators oder eines

automatisch arbeitenden Spannungskonstanthalters gleicht Netzspannungsschwankungen aus.

Die einfachste Art dieses Reglers ist der Regeltransformator. Mit einem Schalter kann bei ihm in kleinen Stufen die Eingangs- oder Ausgangsspannung, je nach Konstruktion, geändert werden. Die einfache Ausführung des Regeltransformators hat allerdings den Nachteil, daß mit einem geeigneten Instrument (Dreheiseninstrument der Klasse 1 oder 2, Meßbereich: 250 V) die Ausgangsspannung oft kontrolliert und bei Abweichungen korrigiert werden muß (Abb. 47).

Vorteilhafter ist ein automatisch arbeitender Regler.

So kann der Schalter am Regeltransformator durch einen kleinen Elektromotor angetrieben werden. Das erfordert den Aufbau einer komplizierten Vergleichsschaltung, die den Elektromotor steuert. Die bei einer solchen Anlage vorhandenen beweglichen Teile müssen regelmäßig gewartet werden, um ein einwandfreies Arbeiten zu gewährleisten.

Die Industrie bietet auch andere automatisch arbeitende magnetische Spannungskonstanthalter an (Spezialanfertigungen für Fernsehempfänger, Rundfunkgeräte, Tonbandgeräte usw.). Sie besitzen keine beweglichen Teile und bedürfen keiner besonderen Pflege.

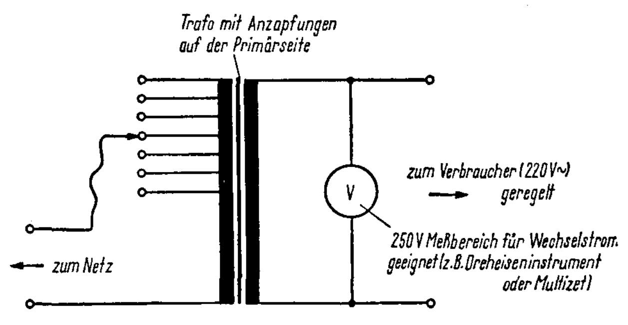


Bild 47. Prinzip des Regeltrafos

Die abgegebene Spannung (Ausgangsspannung) der magnetischen Spannungsgleichhalter hängt von dem angeschlossenen Verbraucher ab. Sie muß bei angeschlossenem Verbraucher eingestellt werden und bleibt für diesen konstant. Dazu wird parallel zum angeschlossenen Verbraucher ein Spannungsmesser (Vielfachmeßinstrument, z. B. Multizet oder ein Dreheiseninstrument mit 250 V Meßbereich, wie oben schon angeführt) geschaltet und die richtige Ausgangsspannung eingestellt (Bild 48). Da sich die vom magnetischen Spannungsgleichhalter abgegebene Wechselspannung in ihrer Charakteristik geringfügig ändert, muß bei Messungen mit einem Vielfachmeßinstrument berücksichtigt werden, daß dieses etwa 7 V weniger anzeigt (z. B. 220 V bis 213 V!). Bei einem Dreheiseninstrument tritt dieser Meßfehler nicht auf.

Es empfiehlt sich, die abgegebene Spannung eher etwas höher als zu niedrig vorzusehen (220 V bis 225 V). Beim Anschluß anderer Verbraucher ist die Ausgangsspannung erneut einzustellen. Werden kombinierte Geräte an einen magnetischen Spannungskonstanthalter an-

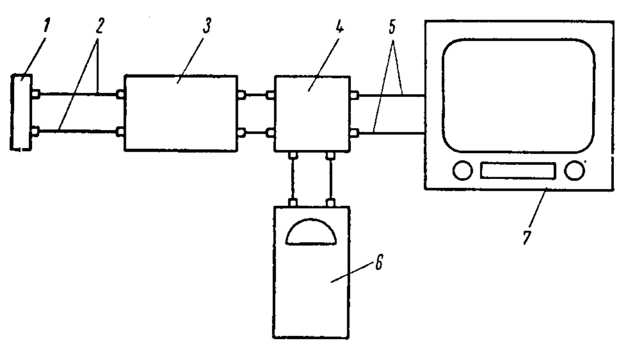


Bild 48. Schaltungsanordnung beim Einstellen eines magnetischen Spannungskonstanthalters. 1 Steckdose; 2 Netzschnur vom Spannungskonstanthalter; 3 Spannungskonstanthalter; 4 Doppelstecker; 5 Netzschnur vom Fernsehempfänger; 6 Dreheiseninstrument 250 V Meßbereich (Multizet o. ä.); 7 Fernsehempfänger

geschlossen, Fernsehgeräte mit UKW-Teil, so wird ein Kompromiß eingegangen und der Spannungskonstanthalter bei angeschlossenem Gerät und eingeschaltetem Fernsehteil auf etwa 218 V Ausgangsspannung eingestellt.

Tritt bei Verwenden eines magnetischen Spannungskonstanthalters ein „Brumm" im Bild oder ein Ausrasten des Bildes auf, so schafft ein Umpolen des Netzsteckers vom Fernsehgerät Abhilfe.

Beim Abschalten des Fernsehempfängers ist der Spannungskonstanthalter vom Netz zu trennen. Er nimmt kaum Schaden bei Dauerbetrieb, verbraucht jedoch eine bestimmte Leerlaufleistung, die nicht nur die Stromrechnung, sondern auch das Netz belastet.

Im Betrieb erwärmt sich der Spannungskonstanthalter je nach abgegebener Leistung. Durch zahlreiche im Gehäuse angebrachte Kühlschlitze kann die Luft gut zirkulieren, und eine unzulässige Erwärmung wird vermieden. Es ist darauf zu achten, daß keine Gegenstände auf den Spannungskonstanthalter gelegt werden, die dem zirkulierenden Luftstrom den Weg versperren.

5. DIE EMPFANGSANTENNENANLAGE

5.1 Antennenrecht

Ein einwandfreier Fernsehempfang kann nur durch Verwenden einer Empfangsantenne, die über oder unmittelbar unter der Dachhaut errichtet wird, erzielt werden. Nur in geringen Entfernungen zum Sender lassen sich Zimmerantennen bzw. die teilweise in die Empfänger vom Herstellwerk eingebauten Gehäuseantennen mit Erfolg verwenden und ergeben ein befriedigendes Bild. Eine Grenze für die noch mögliche Anwendung der Zimmerantennen kann nicht angegeben werden, da die örtlichen Bedingungen von entscheidendem Einfluß sind.

Das Errichten einer Antennenanlage auf bzw. unter dem Dach des Gebäudes bringt Ausgaben und oftmals Schwierigkeiten mit sich. Zum Errichten einer Antenne auf bzw. unter dem Dach bedarf es der Genehmigung des Hauseigentümers, die leider auch heute noch in manchen Fällen verweigert wird.

Dazu ist zu bemerken:

Jeder Bürger der Deutschen Demokratischen Republik ist nach den gesetzlichen Bestimmungen zum Betrieb von Rundfunkempfangsanlagen berechtigt. Die Grundstückseigentümer sind dabei verpflichtet, das Anbringen von Empfangsantennen zu dulden, sofern diese den Vorschriften entsprechen und am Haus oder Dach keinen Schaden anrichten. Verweigert der Hauseigentümer die Zustimmung zum Errichten der Antennenanlage, muß das Recht auf dem Klageweg bei dem zuständigen Kreisgericht geltend gemacht werden.

Als Beispiel soll hier ein veröffentlichtes Urteil des Bezirksgerichts Schwerin vom 18. April 1957 angeführt werden, in dem es heißt:

> „Der dem Mieter eingeräumte Gebrauch einer Mietswohnung erstreckt sich auch auf die Benutzung des

Daches zum Anbringen von Außenantennen, und zwar auch dann, wenn der Mietvertrag keine ausdrücklichen Vorschriften darüber enthält. Der Vermieter (Grundstückseigentümer) ist verpflichtet, die sachgemäße Anbringung einer Antenne zu dulden, wenn hierdurch keine Gefahr für das Haus, insbesondere das Dach oder den Schornstein, eintritt."

In diesem Urteil wird ausdrücklich auf die sachgemäße Ausführung der Antennenanlage hingewiesen, d. h., daß der Vermieter das Errichten der Antennenanlage durch den Fachmann verlangen kann. Aus diesem Grunde sei allen Lesern, die nicht über die unbedingt notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten verfügen, dringend abgeraten, irgendwelche Antennengebilde auf das Hausdach zu bauen.

Die errichteten Anlagen müssen den Bestimmungen des Vorschriftenwerkes Deutscher Elektrotechniker (VDE) entsprechen. Weiterhin sind die entsprechenden Vorschriften für den Bau von Blitzschutzanlagen, die baupolizeilichen Vorschriften und die Arbeitsschutzbestimmungen des Schornsteinfegergewerbes zu beachten. Diese Bestimmungen tragen zwingenden Charakter, sie müssen eingehalten werden.

Die errichteten Antennenanlagen sind regelmäßig auf ihren ordnungsgemäßen Zustand zu kontrollieren. Die Verantwortung für den ständig einwandfreien Zustand der Anlage trägt der Eigentümer der Anlage, also die Person, die sie errichtete bzw. errichten ließ. Die Schwierigkeiten lassen sich weitgehend bei Gemeinschaftsantennenanlagen auf größeren Gebäuden vermeiden, deren Errichtung und Wartung von Fachkräften durchgeführt wird.

5.2 Gemeinschaftsantennenanlagen

Vorzugsweise finden Gemeinschaftsantennenanlagen auf Neubauten Anwendung, aber auch ältere größere Wohnblocks können mit diesen Anlagen ausgerüstet werden.

An den Rändern des Versorgungsgebietes eines Fernsehsenders befinden sich oft „Antennenwälder“ auf den Dächern der Wohnblocks. Sie machen nicht nur einen unschönen Eindruck, sondern stellen auch einen erheblichen Materialverbrauch dar. Die geringen Abstände der Antennen untereinander bilden außerdem oft die Ursache unliebsamer Störungen, da gegenseitige Beeinflussungen der Antennen leicht auftreten.

Eine wirtschaftlich und technisch gute Lösung dieses Problems bildet die Gemeinschaftsantennenanlage.

Sie ermöglicht nicht nur den Empfang des Fernsehprogramms, sondern bei entsprechendem (möglichem) Aufbau der Anlage können auch Rundfunksender (Hörrundfunk) im UKW-, KW-, MW- und Langwellenbereich mit empfangen werden (Bild 49).

Bis zu 50 Teilnehmer können z. B. bei einer vom VEB Fernmeldewerk Bad Blankenburg angebotenen Gemeinschaftsantennenanlage über ein entsprechendes Leitungsnetz und den Antennenverstärker an eine auf dem Dach errichtete Antenne angeschlossen werden.

Die Gemeinschaftsantennenanlage bietet auch für den Empfang von Fernsehsendern im Dezimeterbereich einen Vorteil, da es möglich ist, mit einem Zusatzgerät, einem sogenannten Konverter (Umsetzer), den im Dezimeterbereich arbeitenden Fernsehsender zu empfangen und das empfangene Signal in einen Kanal im Band I oder III umzusetzen. Das umgesetzte Signal wird über die Gemeinschaftsantennenanlage den angeschlossenen Empfängern zugeführt und kann so auch von Empfängern aufgenommen werden, die nicht für den Empfang im Dezimeterbereich ausgerüstet sind. Auf diese Fragen wird in Abschnitt 6 „Fernsehempfang im UHF-Bereich“ ausführlicher eingegangen.

Natürlich sind Anschaffungs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten einer derartigen Anlage nicht gering, doch dürften sich im genossenschaftlichen und kommunalen Wohnungsbau Möglichkeiten zur Finanzierung finden.

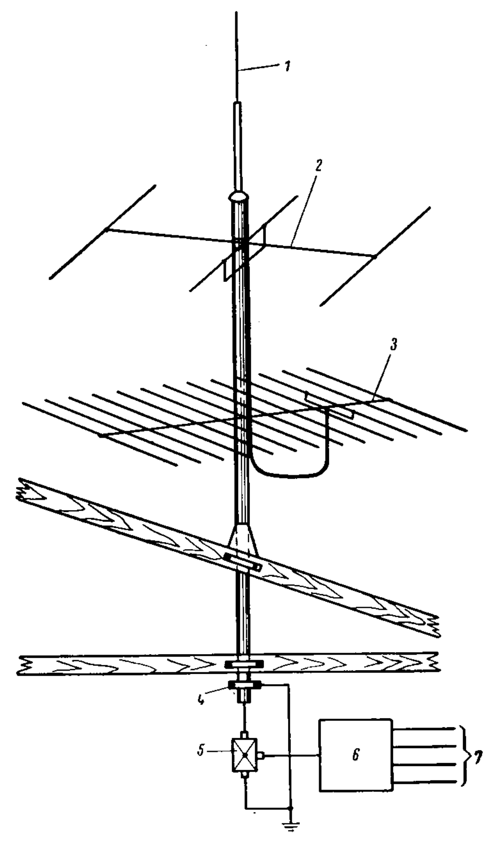


Bild 49. Gemeinschaftsantennenanlage. 1 Stabantenne für L, M, K; 2 Antenne für UKW-Hörrundfunk; 3 Fernsehantenne; 4 Erdschelle; 5 Blitzschutz; 6 Antennenverstärker; 7 zu den Anschlußdosen in den einzelnen Wohnungen (Lang-, Mittel-, Kurzwelle, UKW-Rundfunk, Fernsehen)

5.3 Bestimmungen für das Errichten von Antennenanlagen

Grundlage für die Errichtung von Antennenanlagen bilden die VDE 0855 Teil 1/9.59 und die VDE 0855 Teil 1 Z/9.59. Beide Vorschriften traten am 1. August 1960 in Kraft.[3])

Nachfolgend einige wichtige, diesen Vorschriften sinngemäß entnommene Punkte, die bei der Errichtung von Antennenanlagen unbedingt zu beachten sind. Das Studium der Originalfassung wird empfohlen, falls die Absicht zum Aufbau einer Antennenanlage besteht, zumal wesentliche Abschnitte aus Platzmangel nur gestreift werden können.

Großer Wert muß beim Errichten der Antennenanlage auf die mechanische Festigkeit gelegt werden. Die VDE 0855 Teil 1/9.59 geht sehr ausführlich auf die am Antennenträger und der Antenne selbst auftretenden Belastungen durch Wind und andere Witterungseinflüsse ein. Ausführliche Berechnungsbeispiele und Tabellen, die die Berechnung zeigen und erleichtern, sind in der Originalfassung enthalten.

Bei der gebräuchlichen Befestigung mit zwei Schellen am Dachgebälk oder im Mauerwerk muß die Einspannlänge mindestens den zehnten Teil der Mastlänge betragen (Bild 50), im Mauerwerk jedoch mindestens 50 cm und am Dachgebälk mindestens 75 cm. Ein Eingipsen der Schellen ins Mauerwerk ist grundsätzlich nicht statthaft (Einzementieren!).

Es ist unabhängig davon zu berücksichtigen, daß die Art und der Ort der Befestigung des Antennenträgers auch den auftretenden Kräften gewachsen ist. Beträgt das Einspannmoment des Antennenträgers mehr als 50 kpm, so ist ein Festigkeitsnachweis erforderlich.

Bei der Errichtung der Antennenanlage ist unbedingt

3) Diese beiden Vorschriften sind durch den Druckschriftenvertrieb der Kammer der Technik, Berlin W 8, Clara-Zetkin-Straße 111, zum Preise von 1,— DM zuzüglich Porto und Versandkosten zu beziehen.

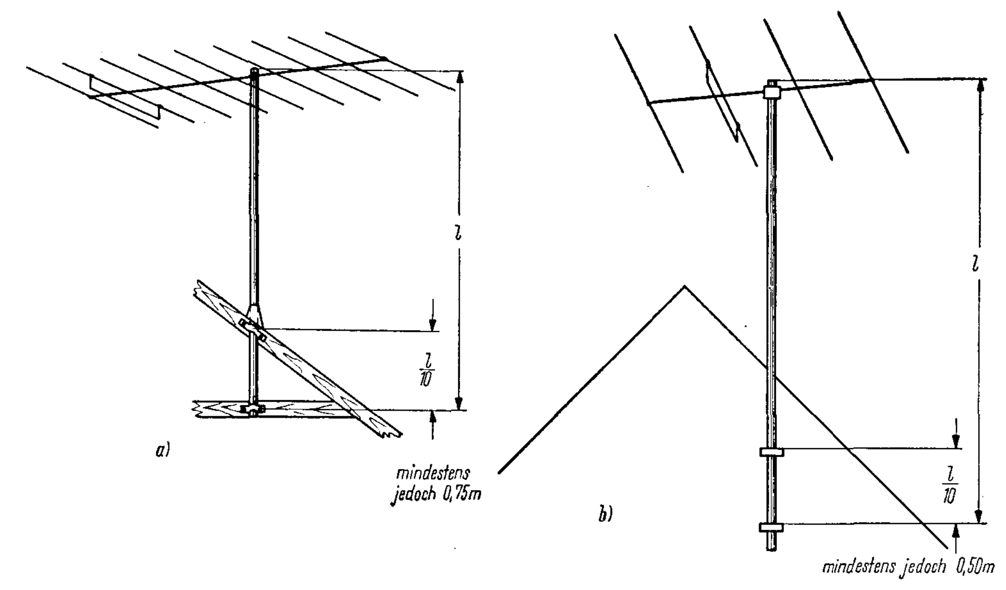


Bild 50. Antennenmastbefestigung. a) am Dachgebälk, b) am Mauerwerk

darauf zu achten, daß der Schornsteinfeger bei seiner Arbeit durch die Antennenanlage nicht behindert wird. Ergeben sich unvermeidbare Gefahrenstellen, so sind diese auffällig zu kennzeichnen, um ein Stolpern oder Hängenbleiben zu verhindern.
Die Antennenanlage muß einen vertikalen Abstand von mindestens 2 m von der Schornsteinmündung haben.
Das Befestigen der Antennenträger an Schornsteinen ist nur mit Erlaubnis der für das Bauwerk verantwortlichen Stelle (Baupolizei, Bezirksschornsteinfegermeister) gestattet, wobei die Befestigung nur mit solchen Mitteln erfolgen darf, die den Schornstein umfassen, ohne dabei seine Festigkeit durch Einschneiden zu verringern. Es kommen hierfür Bänder mit Spannschrauben in Betracht. Die obere Befestigungsstelle des Antennenträgers am Schornstein muß dabei mindestens 30 cm unter der Schornsteinmündung liegen (Bild 51). Trotz der verhältnismäßig bequemen Möglichkeit der Befestigung der Antennenträger an Schornsteinen sollte von dieser Möglichkeit nur in Ausnahmefällen Gebrauch gemacht werden, da die in unmittelbarer Nähe des Schornsteins befestigten Antennen und Zuleitungen einer erhöhten Korrosions- und Verschmutzungsgefahr ausgesetzt sind, die sich auf die Lebensdauer der Anlage ungünstig auswirken.
Auf weichgedeckten Dächern (Stroh, Schilf, Reet) dürfen keine Antennenanlagen errichtet werden. Auch das Hindurchführen von Zuleitungen durch weichgedeckte Dächer ist untersagt. Die Antennen sind hier unter der Dachhaut bzw. neben dem Gebäude zu errichten.

Neben der mechanischen Sicherheit kommt der elektrischen Sicherheit von Antennenanlagen besondere Bedeutung zu (Schutz vor Blitzschlag, luftelektrischen Überspannungen und Spannungsübertritt aus elektrischen Installationen).
Auf Maßnahmen zum Blitzschutz kann verzichtet werden bei:
- Antennen, die unterhalb der Dachhaut (auf dem Dachboden) errichtet werden;

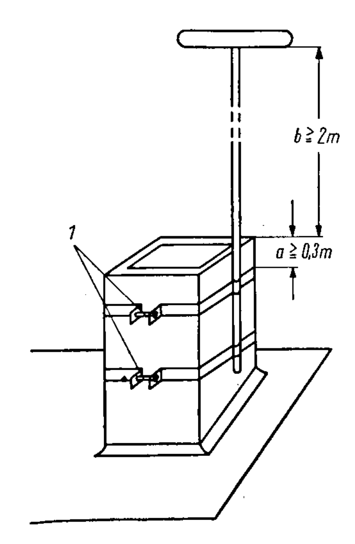


Bild 51. Antennenbefestigung am Schornstein. 1 Spannschraube

– Zimmerantennen und im Gerät eingebauten Antennen (Gehäusedipole);
– Außenantennen, deren höchster Punkt mindestens 3 m (2 m bei Dachrinnen aus PVC-Material) unterhalb der Dachrinne (Haupttraufenhöhe) liegt und deren größte Entfernung (äußerster Punkt der Antenne) von der Hauswand nicht mehr als 2 m beträgt (Fensterantennen).

Alle außerhalb von Bauwerken angebrachten leitfähigen Teile von Antennenanlagen sowie metallene Dachaufbauten, die Antennen tragen oder an denen Antennen befestigt sind, müssen über eine Erdleitung mit einem Erder verbunden werden. Um Holzmaste gegen Zersplitterung zu schützen, ist ein bis zur Spitze des Antennenmastes geführter verzinkter Stahldraht von mindestens 3 mm Durchmesser oder ein Kupferdraht von mindestens 6 mm² Querschnitt anzubringen und mit dem Erder entsprechend der Vorschrift zu verbinden.

Als Erder für Antennenanlagen sind zugelassen:

- weitläufig in der Erde verlegte Rohrnetze, aus metallenen Rohren bestehend, die untereinander gut leitfähig verbunden sind. Solche Rohrnetze sind z. B. das Wasser- und Gasrohrnetz, soweit keine Kunststoffrohre oder Kunststoffmuffen enthalten sind (es ist darauf zu achten, daß bei Arbeiten an dem Rohrnetz keine Unterbrechung des elektrischen Leitungssystems erfolgt. Überbrückung der Trennstellen durch einen geeigneten Leiter). Nicht geeignet für die Erdung der Anlage sind die wärmeisolierten Fernheizrohrnetze;
- Erder von Blitzschutzanlagen nach den Bestimmungen des Fachunterausschusses 1.13 — Blitzschutzanlagen[4]);
- die Armierungen von Betongebäuden und die Stahlskelett-Teile von Stahlbauten;
- die Schutzerder von elektrischen Niederspannungsanlagen;
- Spezielle für die Antennenanlagen errichtete Erder.

Die angeführten Vorschriften legen die Mindestabmessungen für Erdungsleitungen fest (unter Erdungsleitungen sind Leiter zwischen dem zu erdenden Teil und dem Erder zu verstehen).

Als Teile der Erdungsleitung sind Ableitungen von Blitzschutzanlagen, metallene Rohre (Regenfallrohre) und andere Konstruktionsteile des Gebäudes mit ausreichendem Querschnitt zulässig.

Die zu erdenden Teile der Anlage sind auf dem kürzesten Wege mit dem Erder zu verbinden, wobei eine senkrechte Führung der Erdungsleitung zu bevorzugen ist. Stellenweise waagerechte oder steigende Anordnung, z. B. um Gebäudevorsprünge zu umgehen, ist gestattet, jedoch muß der Abstand von zwei beliebigen Punkten zwischen Anfang und Ende der Um-

[4]) Diese Bestimmungen sind in dem Buch „Blitzschutz" enthalten, das vom obengenannten Fachunterausschuß im Verlag Technik, Berlin 1957 (6. Auflage), herausgegeben wurde.

leitung größer sein als $^1/_{10}$ der zwischen diesen beiden Punkten liegenden Leitungslänge (Bild 52).
Auf Holz dürfen Erdungsleitungen ohne Abstandsschellen verlegt werden. Das Verlegen der Erdungsleitungen in Putz oder Schutzrohren ist unzulässig. Eine Ausnahme bilden kurze Wand- und Deckendurchführungen, wobei ein Verlegen in Schutzröhren erlaubt ist.
Die Verbindung der Erdungsleitung mit leitfähigen Rohren, etwa dem Wasser- oder Gasrohrnetz, muß über Schellen mit mindestens 10 cm² Berührungsfläche erfolgen. Gas- oder Wasserzähler müssen beim Anschluß der Erdungsleitung durch einen Leiter, entsprechend der Tafel 1, überbrückt werden.

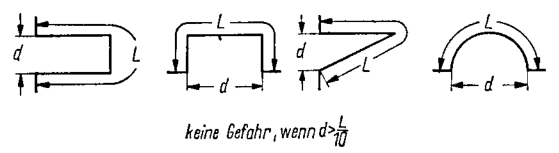


Bild 52. Beispiele für Umwegführungen von Erdungsleitungen (nach VDE 0855 Teil 1/9.59)

Verbindungsstellen im Verlauf der Erdungsleitung sind möglichst zu vermeiden. Sind sie unumgänglich, dann dürfen sie nicht unmittelbar auf Holz oder in der Nähe leicht entzündlicher Gegenstände angebracht werden. Es ist darauf zu achten, daß sich derartige Verbindungsstellen unter normaler Belastung nicht lockern oder gar lösen.
An Verbindungsstellen muß darauf geachtet werden, daß keine Metallkombinationen entstehen, die durch Elementenbildung eine übermäßige Korrosion ergeben. Verbindungen von Kupfer und Zink sind zu vermeiden.
In die Antennenzuleitung ist ein Blitzschutzautomat einzubauen, der ein Abspringen des Blitzstromes an gefährdeter Stelle verhindert. Blitzschutzautomaten werden vom VEB Fernmeldewerk Bad Blankenburg hergestellt und sind in Fachgeschäften in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Der Blitzschutzautomat

ist durch einen Leiter, entsprechend der Tafel 1 (Anhang) mit dem Erder zu verbinden.
Alle leitfähigen Teile der Antennenanlage (die Antenne selbst, Befestigungsmittel, Zuleitungen usw.) müssen in umbauten Räumen einen Abstand von mindestens 10 mm und im Freien von mindestens 20 mm zu den leitfähigen Teilen einer elektrischen Anlage mit Spannungen über 65 V bis 1000 V aufweisen, wobei zu beachten ist, daß auch die Befestigungsmittel als Teile der genannten Anlage gelten.
Bei Näherungen an Hochspannungsanlagen, die Spannungen über 1000 V führen, gelten die im § 14 der Vorschrift 0855 Teil 1/9.59 genannten Sicherheitsabstände.
Besteht die Antennenzuleitung aus abgeschirmtem Kabel (Koaxialkabel), so ist der Schirm des Kabels dauerhaft mit dem Erder der Antennenanlage zu verbinden.

5.4 Welche Fernsehantenne?

Die eigentliche Fernsehantenne wird in den meisten Fällen ein Dipol mit mehr oder weniger zusätzlich angebrachten Elementen sein. Diese zusätzlichen Elemente (Direktoren und Reflektoren), vor bzw. hinter dem Dipol angeordnet, verändern die Eigenschaften des Dipols. Mehrere Dipole (auch mit Reflektoren und Direktoren) lassen sich nebeneinander oder übereinander anordnen.
Die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Antennentypen ermöglichen ein Anpassen an die örtlich gegebenen Empfangsbedingungen und gestatten auch bei ungünstigen örtlichen Bedingungen den Fernsehempfang. Die Auswahl der günstigsten Empfangsantenne für die jeweiligen örtlichen Empfangsbedingungen erfordert gute Kenntnisse der örtlichen Verhältnisse und der Eigenschaften verschiedenster Antennentypen.
Die Auswahl der Antenne wird vom zu empfangenden Sender (genauer von dem Kanal, in dem er arbeitet), von der am Empfangsort vorhandenen Feldstärke, von

auftretenden Reflexionserscheinungen und anderen Störerscheinungen bestimmt.
Aus der im Anhang enthaltenen Tafel 2 läßt sich der Kanal des Senders bzw. Frequenzumsetzers entnehmen, der für den Empfang in den jeweiligen Gebieten in Betracht kommt. Es ist wichtig zu wissen, in welchem Kanal der Sender arbeitet, da, von einigen Spezialausführungen abgesehen, Fernsehantennen nur für den Empfang eines Kanals ausgelegt sind und beim Empfang eines anderen Kanals schlechtere Empfangsergebnisse bringen.
Mit zunehmender Entfernung zum Sender sinkt die am Empfangsort zur Verfügung stehende Feldstärke. Eine geringe Feldstärke erfordert Antennen mit einem großen Gewinn, die im allgemeinen eine ausgeprägte Richtwirkung in einer Richtung besitzen und deshalb sehr sorgfältig ausgerichtet werden müssen, um auch die optimale Wirkung zu erzielen.
Verhältnismäßig häufig treten auf den Bildschirmen sogenannte „Geister" auf. Man versteht darunter die Erscheinung, daß neben dem eigentlichen Bild das gleiche Bild noch einmal erscheint. Besonders deutlich läßt sich das bei Testbild- und Schriftübertragung erkennen. Diese „Geister" entstehen durch reflektierte Wellen, die gleichfalls die Empfangsantenne treffen (Bild 53). Da sie nicht unmittelbar von der Sendeantenne zur Empfangsantenne gelangen, sondern diese erst nach der Reflexion an größeren Metallmassen (z. B.

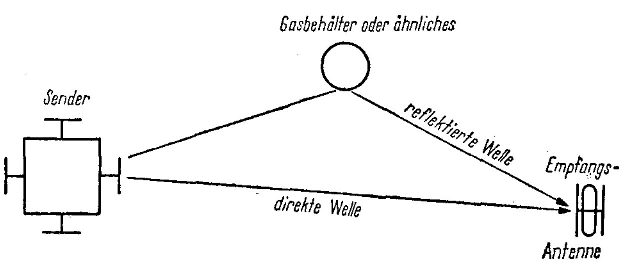


Bild 53. Die Entstehung von „Geistern"

Bahnhofshallen, Gasometer, Tanks usw.), Bergen und Gebäuden erreichen, ihr Weg also länger ist, treffen sie später ein und erzeugen das gleiche Bild noch einmal etwas nach rechts verschoben auf dem Bildschirm. Abhilfe oder zumindest eine Minderung der Störungen bringt hier gleichfalls die Verwendung von Antennen mit einer ausgeprägten Richtwirkung, bzw., wenn die Reflexionen unmittelbar von rückwärts einfallen, können sie wirksam durch eine Reflektorwand vom Dipol ferngehalten werden.
Mitunter kann dabei sogar ein Ausrichten der Antenne auf die reflektierte Welle eine Empfangsverbesserung bringen, wenn zwischen Empfangsantenne und Sendeantenne Hindernisse liegen, welche die unmittelbare Wellenausbreitung zwischen Sendeantenne und Empfangsantenne stören.
Andere Störungen, z. B. durch vorüberfahrende, schlecht entstörte Kraftfahrzeuge, Straßenbahnen usw. können in bestimmten Grenzen durch die Verwendung von Antennen mit ausgeprägter Richtwirkung verringert werden.
Ergeben sich ungünstige Verhältnisse beim Aufbau der Antennenanlage (geringe Feldstärke am Empfangsort, lange Zuleitungen von der Antenne zum Empfänger), so empfiehlt sich die Verwendung eines Antennenverstärkers, der unmittelbar an der Antenne installiert wird. Von der Industrie werden dafür kleine wettergeschützte Mastverstärker angeboten, die ihre Betriebsspannung über die Antennenzuleitung erhalten und deshalb keinerlei zusätzliche Leitungen benötigen.

6. FERNSEHEMPFANG IM DEZIMETERBEREICH

Mit der Inbetriebnahme von zwei Versuchssendern im Band IV

Dequede:	Kanal 14	Bildträger	471,25 MHz
		Tonträger	476,75 MHz
Berlin:	Kanal 22	Bildträger	535,25 MHz
		Tonträger	540,75 MHz

wird das Problem des Empfangs dieser Fernsehsender aktuell. Wenn vorerst von den angeführten Sendern das gleiche Programm wie von allen übrigen Fernsehsendern auf dem Gebiet der DDR abgestrahlt wird, so ist doch für die Zukunft, nach der Errichtung weiterer Band-IV/V-Fernsehsender, geplant, über die UHF-Fernsehsender ein zweites Programm abzustrahlen.

In Zukunft werden Fernsehempfänger neben dem Tuner für die Bänder I und III (VHF) einen Tuner für den Empfang der in den Bändern IV und V (UHF) arbeitenden Fernsehsender enthalten bzw. wird bei ihrer Konstruktion und Fertigung der nachträgliche Einbau eines UHF-Tuners vorgesehen.

Bild 54 zeigt das Blockschaltbild eines Fernsehempfängers mit VHF- und UHF-Tuner. Die zwei erforderlichen Antennen (für den zusätzlichen UHF-Empfang ist neben der Antenne für den Empfang im Band I und III eine Antenne für den Empfang im UHF-Bereich erforderlich) sind an den jeweiligen Tuner angeschlossen. Der UHF-Tuner arbeitet in einer ähnlichen Weise wie der VHF-Tuner. Das ankommende Signal wird von einer Vorstufe verstärkt und in einer selbstschwingenden Mischstufe in die ZF umgesetzt. Die entstandene ZF gelangt anschließend direkt oder, den VHF-Tuner als Geradeausverstärker benutzend, zum nachgeschalteten ZF-Verstärker.

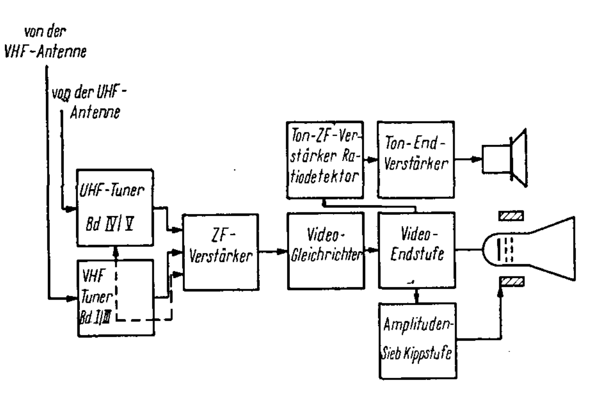


Bild 54. Fernsehempfänger mit eingebautem UHF-Tuner (gestrichelt: der VHF-Tuner arbeitet bei UHF-Empfang zusätzlich als Geradeausempfänger)

Bei älteren Geräten ist der nachträgliche Einbau eines UHF-Tuners schwierig bzw. unmöglich. Um auch diese Empfänger für den UHF-Empfang einzusetzen, wurden Konverter (Frequenzumsetzer) entwickelt, die in verschiedener Form in Verbindung mit dem Fernsehgerät den Empfang in Band IV/V ermöglichen.

6.1 Vorsatzkonverter

Der Vorsatzkonverter (Bild 55) wird in der Nähe des Fernsehgerätes angebracht (z. B. in die Rückwand eingehängt) und an die zu errichtende UHF-Antenne angeschlossen. Vom Konverter gelangt das in einem Kanal des Bandes I bzw. III (vorzugsweise der in der DDR nicht belegte Kanal 2 im Band I) umgesetzte Signal über ein Kabel zum Antenneneingang des Fernsehempfängers. Es besteht auch die Möglichkeit, die Empfangsfrequenz schon im Konverter auf die ZF herunterzumischen und die so entstandene ZF unmittelbar auf den nachgeschalteten ZF-Verstärker zu geben. Im Bild 55 wird diese Möglichkeit angedeutet.

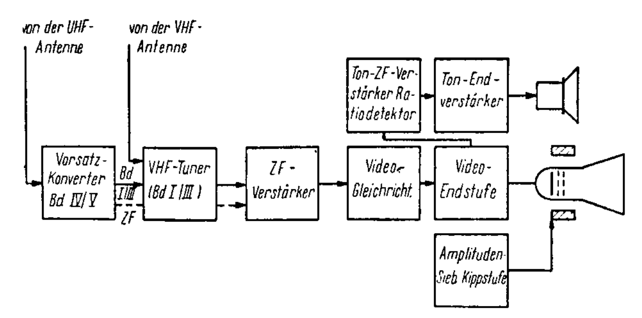


Bild 55. Fernsehempfang im UHF-Bereich mit Vorsatzkonverter (die gestrichelte Linie gilt für den direkten Frequenzumsatz vom UHF-Bereich auf die ZF des nachgeschalteten Fernsehgerätes)

Der mit einem eigenen Netzteil ausgerüstete Vorsatzkonverter wird schaltungsmäßig so mit dem Fernsehempfänger verbunden, daß sich durch Drücken der Tasten „VHF" bzw. „UHF", Einstellen des Kanals 2 am Fernsehempfänger und Abstimmen des Konverters auf den zu empfangenden Sender der Umschaltvorgang durchführen läßt. Ein Umschalten oder Umklemmen der Antennenzuleitungen entfällt, da beim Umschaltvorgang gleichzeitig der Antennenanschluß verändert wird.

6.2 Mastkonverter

Der Mastkonverter (Bild 56) arbeitet nach dem gleichen Prinzip. Allerdings läßt sich hier nur ein bestimmter Sender aus dem Band IV in den freien Kanal 2 umsetzen, da der in unmittelbarer Nähe der Antenne angebrachte Mastkonverter nicht laufend abgestimmt werden kann. Von großem Vorteil sind die guten Empfangseigenschaften, weil die immerhin nicht zu unterschätzende Dämpfung der Antennenzuleitung bei der Verwendung eines Vorsatzkonverters besonders bei schwach einfallenden Sendern (Randgebiete des

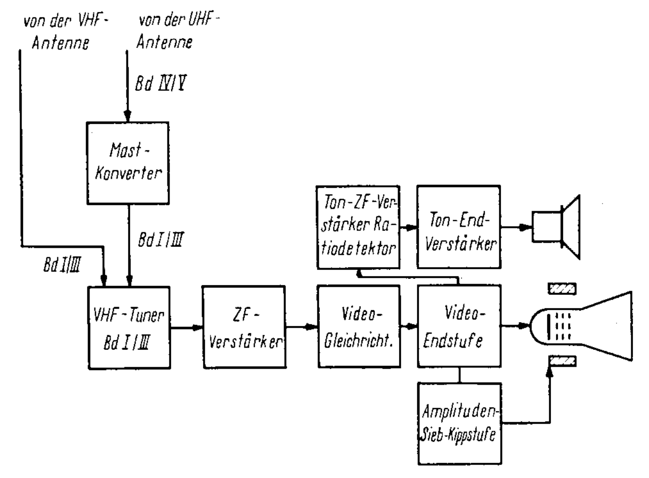


Bild 56. Fernsehempfang im UHF-Bereich mit einem Mastkonverter

Versorgungsbereichs) schlechte Empfangsergebnisse bringen würden.

Die Stromversorgung des Mastkonverters erfolgt über die Zuleitung Konverter—Empfänger mit der ungefährlichen Spannung von 42 V. Neben dem Fernsehempfänger muß deshalb beim Empfang des UHF-Senders ein kleines Speisegerät in Betrieb genommen werden.

6.3 Konverter in Verbindung mit einer Gemeinschaftsantennenanlage

Die bisher genannten Verfahren zum Empfang von UHF-Sendern erfordern für jeden Empfänger neben der VHF- eine zusätzliche UHF-Antenne. Die nicht unerheblichen Ausgaben für eine UHF-Antennenanlage und für den Konverter sind mit Gemeinschafts-

antennenanlagen (GAA) wesentlich zu senken (Bild 57). An den Verstärker der GAA wird ein UHF-Konverter angeschlossen, der die Frequenz eines im Band IV arbeitenden Fernsehsenders in den freien Kanal 2 umsetzt. Über den Verstärker und das Leitungssystem im Gebäude kann nun mit jedem Empfänger in der Stellung „Kanal 2“ das Programm des UHF-Senders empfangen werden.
Diese Vorteile sollten besonders im kommunalen und genossenschaftlichen Wohnungsbau Beachtung finden.

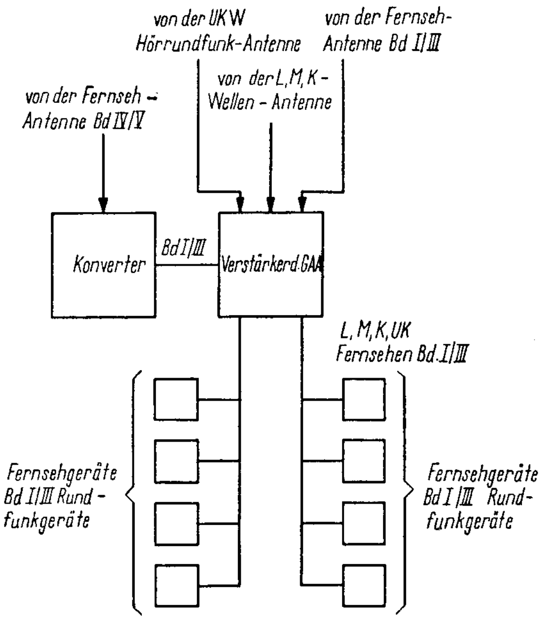


Bild 57. Fernsehempfang im UHF-Bereich bei Gemeinschaftsantennenanlagen

7. ANHANG

7.1 Empfehlenswerte Literatur zum vertiefenden Studium

7.11 Buchveröffentlichungen

(Die mit * versehene Literatur stellt an den Leser etwas höhere Anforderungen)

Hewel, Horst:

Einführung in die Fernseh-Praxis — Fernseh-Empfangstechnik. Verlag für Radio — Foto — Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde, 1954.

Mann, Heinz*:

Fernsehtechnik, Band 1, 2. verbesserte und erweiterte Auflage. Fachbuchverlag Leipzig, 1958.

Mann/Fischer*:

Fernsehtechnik, Band 2. Fachbuchverlag Leipzig, 1959.

Rothammel, Karl:

Antennenbuch, 3. verbesserte und erweiterte Auflage, Verlag Sport und Technik, Berlin 1961.

Taeger, Werner:

Lehrgang Funktechnik — Fernsehrundfunk, radio und fernsehen, 3. bis 5. Jahrgang, Berlin 1954 bis 1956 (Fortsetzungsreihe).

Werner/Barth:

Kleine Fernseh-Reparatur-Praxis. VEB Verlag Technik, Berlin 1960.

Informationen für den Fernsehkundendienst. Herausgegeben vom VEB RAFENA-Werke Radeberg (in den Vertragswerkstätten vorhanden).

Kundendienstanleitung. Herausgegeben vom VEB RAFENA-Werke Radeberg (in den Vertragswerkstätten vorhanden).

7.12 Zeitschriftenaufsätze

Bail: Regeltransformatoren mit Nachregeleinrichtung.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 8.

Dessau: Gemeinschaftsantennenanlagen im modernen Wohnungsbau.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 11.

Eckart und Kunze: Die modernen Bildgeber in der Fernsehtechnik.
Nachrichtentechnik, **4** (1954) Heft 1 und 2.

Gräfe: Fernsehantennenverstärker.
radio und fernsehen, **7** (1958) Heft 16.

Jakubaschk und Tomczak: Antennenverstärker für Fernsehband III.
funkamateur, Sonderausgabe 1960.

Maywald und Bartz: Neue TV-Umsetzer in Thüringen.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 9.

Streng: Warum Dezimeterwellenfernsehen?
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 13.

Schurig: UHF-Fernsehen wird aktuell.
funkamateur, **9** (1960) Heft 7.

Streng: Spezialantennenformen für VHF und UHF.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 13.

Streng: Antennenenergieleitungen für VHF und UHF.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 17.

Streng: Probleme des UHF-Fernsehempfanges.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 21.

Streng: Einige Eigenschaften und Besonderheiten der UHF.
radio und fernsehen, **10** (1961) Heft 1.

Spindler: UHF-Fernsehempfang — grundlegende Probleme und Möglichkeiten.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 16.

Taeger: Magnetische Spannungsgleichhalter.
Funk-Technik, **15** (1960) Heft 16.

Taeger: Antennenprobleme im Band IV.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 13.

Taeger: Einiges über UHF.
radio und fernsehen, **9** (1960) Heft 14.

Taeger: Gemeinschaftsantennenanlagen.
Technische Gemeinschaft, **8** (1960) Heft 16.

Technische Güte- und Lieferbedingungen (TGL) 7224 (Gemeinschaftsantennenanlagen).

7.2 Benutzte Unterlagen und Literatur

Limann: Fernsehtechnik ohne Ballast.
Franzis-Verlag München, 1957.

Mann: Fernsehtechnik, Band 1.
2. erweiterte und verbesserte Auflage.
Fachbuchverlag Leipzig, 1958.

Werner/Barth: Kleine Fernseh-Reparatur-Praxis.
VEB Verlag Technik, Berlin 1960.

„Neue Justiz" **12**, 1958, Heft 3 S. 110.

VDE 0855 Teil 1/9.58 und Teil 1 Z/9.59.

Unterlagen für den Kundendienst des VEB RAFENA-Werke, Radeberg (Kundendienstanleitungen „Dürer", „Derby", „Patriot" und „Record").

Informationen für den Kundendienst. Herausgegeben vom VEB RAFENA-Werke Radeberg.

Prospektmaterial des VEB Fernmeldewerk Bad Blankenburg.

7.3: Tafel 1. Mindestabmessungen für Erdungsleitungen (nach VDE 0855 Teil 1/9.59 und VDE 0855 Teil 1 Z/9.59)

Werkstoff	Verlegung	
	außerhalb von Gebäuden	innerhalb von Gebäuden
Stahl, verzinkt	Draht 8 mm Dmr. oder Draht 4,5 mm Dmr. (oder 16 mm² Querschnitt) mit thermoplastischer Schutzhülle, Wanddicke 1 mm Seil unzulässig Band 20 × 2,5 mm	4,5 mm Dmr. oder 16 mm² Querschnitt
Kupfer[1])	Draht 8 mm Dmr. oder Draht 3,5 mm Dmr. (oder 10 mm² Querschnitt) mit thermoplastischer Schutzhülle, Wanddicke 1 mm Seil 7 × 3 mm Dmr. Band 20 mm × 2,5 mm	3,5 mm Dmr. oder 10 mm² Querschnitt
Aluminium[1])	Draht 10 mm Dmr. oder Draht 4,5 mm Dmr. (oder 16 mm² Querschnitt) mit thermoplastischer Schutzhülle, Wanddicke 1 mm Seil unzulässig Band 25 × 4 mm	4,5 mm Dmr. oder 16 mm² Querschnitt

[1]) Bei Kupfer- bzw. Aluminiumdrähten können für den vorliegenden Fall handelsübliche NYA-Leitungen verwendet werden.

7.3: Tafel 2. Frequenzen der Fernsehsender und Frequenzumsetzer auf dem Gebiet der DDR

Band	Kanal	Bildträger [MHz]	Tonträger [MHz]	Sender	Polarisation der Sendeantenne	Frequenz-umsetzer	Polarisation der Sendeantenne
I	1	42,25	46,75	Diese Frequenzen werden in der DDR nicht für Fernsehsender verwendet			
	2	48,25	53,75				
	3	55,25	60,75	Helpterberg	h		
	4	62,25	67,75	Calau	h		
III	5	175,25	180,75	Berlin	h	Bad Elster	h
				Inselsberg	h	Leutenberg	h
						Plauen	v
						Hirschberg	v
	6	182,25	187,75	Brocken			
	7	189,25	194,75	Görlitz	h	Mengersgereuth	h
						Eisfeld	h
						Wurzbach	h
						Blankenstein	h
						Eichicht	h
	8	196,25	201,75	Marlow	h		
				Karl-Marx-Stadt			

9	203,25	208,75	Leipzig	v	Stalinstadt	h
					Ziegenrück	h
					Schalkau	h
					Steinach	h
					Schleusingen	h
					Zella-Mehlis	h
10	210,25	215,75	Dresden	v	Zittau	h
11	217,25	222,75	Schwerin	h	Gera	h
					Sonneberg	v
					Saalfeld	h
					Jena	v
					Ilmenau	h
					Suhl	h
					Oelsnitz	h
					Lobenstein	h
					Probstzella	v
					Lauscha	h
					Hildburghausen	h
					Heldburg	h

INHALTSVERZEICHNIS



Preis: 2,50 DM

VERLAG SPORT UND TECHNIK